

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Loodusteadusliku hariduse keskus

Hedy Suurmets

**Õpilaste väärarusaamad hingamisel toimuvatest protsessidest
kasutades õpilaste poolt hingamisprotsesside animeerimist**

Magistritöö (15 EAP)

Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja

Juhendaja: PhD Ana Valdmann

TARTU
2020

Õpilaste väärarusaamad hingamisel toimuvatest protsessidest kasutades õpilaste poolt hingamisprotsesside animeerimist.

Tänapäeva koolis on olulisel kohal erinevate pädevuste arendamine, õpetajatelt ja õpilastelt oodatakse info- ja kommunikatsioonitehnoloogia kasutamist. Käesoleva magistritöö eesmärk oli välja selgitada, kuidas mõjutab *slowmationi* kasutamine 9. klassi õpilaste arusaamu hingamisprotsessidest. Uuringu eesmärgi täitmiseks koostati eeltest, *slowmationi* tööjuhendid ja järeltest, millest võttis osa 51 õpilast. Lõppvalimisse kuulus 44 õpilast, kes olid täitnud nii eel- kui järeltesti. Testide tulemustest selgus, et peale *slowmationi* teostamist toimus ainealase sisu ja uurimuslike oskuste osas statistiliselt usaldusväärne areng. Animatsioonidest selgus, et õpilased ei seosta hingamise käigus toimuvaid hingamise etappe ühtseks tervikuks ning *slowmationiga* oli võimalik tuvastada neis esinevaid väärarusaamu.

Märksõnad: hingamiselundkond, väärarusaamad, *slowmation*. **CERCS:** S272 „Õpetajakoolitus“

Students' misconceptions about respiratory processes using students' animations of respiratory processes.

Enhancing different competences is significant in modern school, teachers and students are expected to use different information and communication technologies. The aim of this master's thesis was to examine how using slowmation affects 9th grade students' concepts about respiratory processes. A pretest, slowmation instructions and a posttest were compiled to fulfill the aim of the research, 51 students participated in it. The final sample were 44 students who completed both pre- and posttest. The results of the tests revealed that there was a plausible development in students' subject knowledge and research skills after using slowmation. Animations showed that students do not see that different stages of respiration constitute a whole and slowmation helps to identify misconceptions in them.

Key words: respiratory system, misconceptions, slowmation. **CERCS:** S272 Teacher education

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Kirjanduse ülevaade	6
1.1 Slowmation: 21. sajandi õppevahend loodusteaduste õpetamisel	6
1.2 Väärarusaamad	8
1.3 Hingamiselundkonna käsitus põhikooli bioloogias	12
2. Metoodika	14
2.1 Ülevaade uuringu disainist	14
2.2 Valim	15
2.3 Instrument	16
2.4 Andmeanalüüs	16
3. Tulemused ja analüüs	18
3.1 Testide tulemused	18
3.1.1 Ainesisu tundmine	18
3.1.2 Uurimuslikud oskused	23
3.2 Slowmationi videode analüüs	27
4. Arutelu ja järeldused	30
Kokkuvõte	33
Kasutatud kirjandus:	35
Summary	39
Lisad	41

Sissejuhatus

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on uurida 9. klassi õpilaste väärarusaamu hingamisel toimuvatest protsessidest, kasutades õpilaste poolt hingamisprotsesside animeerimist *slowmationi* meetodiga.

Antud teema uurimine on oluline, kuna väärarusaamad takistavad tõhusat õppimist (Suprpto, 2020) ja omavad pärssivat mõju huvi tekkimisele teaduse vastu. Mida varasemates etappides väärarusaamu tuvastada, seda suurem on tõenäosus, et õppijas tärkab huvi teaduse vastu ja tõuseb enesekindlus (Patil, Chavan & Khandagale, 2019).

Väärarusaamade uurimiseks on kasutatud erinevaid meetodeid (Murtonen, Nokkala & Södervik, 2018; Fančovičová & Prokop, 2019; Patil, Chavan & Khandagale, 2019).

Gurel, Eryılmaz ja McDermott (2015) on põhjalikult analüüsinud 273 teadusajakirjades ilmunud artiklit aastatest 1980 - 2014. Artiklite analüüsimisel selgus, et kõige enam kasutatakse õpilaste kontseptsioonide väljaselgitamiseks intervjuusid (53%), avatud vastustega teste (34%), valikvastustega teste (32%) ja mitmeastmelisi teste (13%).

21. sajandil ei ole õpetaja rolliks olla infoallikas, vaid seoste looja ja väärtushoiakute kujundaja, kelle ülesanne on arendada õppijas kriitilist ja loovat mõtlemist, analüüsioskust, meeskonnatööd, ettevõtlikkust ning suulise ja kirjaliku eneseväljenduse oskust. Toetada õppija kujunemist ennastjuhtivaks õppijaks, kes tuleb iseseisvalt toime muutustega keskkonnas, võttes vastutuse oma arengu ja õpivalikute eest. (Haridus ja Teadusministeerium, 2014)

Sellest lähtuvalt osutus antud uurimuses väärarusaamade väljaselgitamisel valituks *Slowmationi* meetod, kuna läbi selle meetodi on võimalik arendada põhikooli riiklikus õppekavas (PRÕK) ettenähtud valdkonna- ja üldpädevusi (PRÕK, 2011).

Samuti on Eesti elukestva õppe strateegia 2020 (Haridus ja Teadusministeerium, 2014) eesmärgiks rakendada õppimisel ja õpetamisel kaasaegset digitehnoloogiat otstarbekamalt ja tulemuslikumalt, parandada kogu elanikkonna digioskusi ning tagada ligipääs uue põlvkonna digitalistule.

Kuna bioloogia õpetamisel kasutatakse protsessipõhist lähenemist, kus seatakse eesmärgiks mõista eluslooduse protsesse (Pedaste & Sarapuu, 2016), siis sai antud magistritöö tegemisel *slowmationi* teostamiseks valitud hingamine kui protsess.

Iga õpilase individuaalse arengu väljaselgitamiseks koostati õpilastele loodusteadusliku kirjaoskuse test, mida nad lahendasid enne ja pärast *slowmationi* tegemist.

Autorile teadaolevalt puudub Eestis selleteemaline uurimistöö.

Lähtuvalt magistritöö eesmärgist püstitati järgmised uurimisküsimused:

- Millisel määral suurenevad õpilaste teadmised ja uurimuslikud oskused peale hingamisprotsesside animeerimist *slowmationi* meetodiga?
- Millised väärarusaamad hingamisprotsessidest ilmnevad *Slowmationi* meetodit kasutades?

Töö autor soovib tänada oma juhendajat Ana Valdmanni soovitude ja abi eest ning oma pere liikmeid igakülgse toe eest.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1 *Slowmation*: 21. sajandi õppevahend loodusteaduste õpetamisel

Tänapäeva globaliseerivas infoühiskonnas on edu saavutamiseks eriti oluline omada 21. sajandi oskusi, mida on klassifitseerinud erinevad korporatsioonid nagu: OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*), ISTE (*International Society for Technology in Education*), P21 (*Partnership for 21st Century Learning*), ATCS (*Assessment and Teaching of 21st Century Skills*), kes on välja toonud ühiste joontena järgneva: 21. sajandi oskuste puhul on tähtis koht loovusel, koostööl, kriitilisel mõtlemisel ja probleemide lahendamise oskusel. Varasematest uuringutest on välja tulnud arvamused, et *slowmation* on kaasa aidanud 21. sajandi oskustele, näiteks infokirjeoskusele, uurimisoskusele, suhtlemis- ja koostööoskusele, loovusele, tehnoloogia- ja meediapädevuse arendamisele. (Karakoyun & Yapici, 2018; Atalay & Boyaci, 2019)

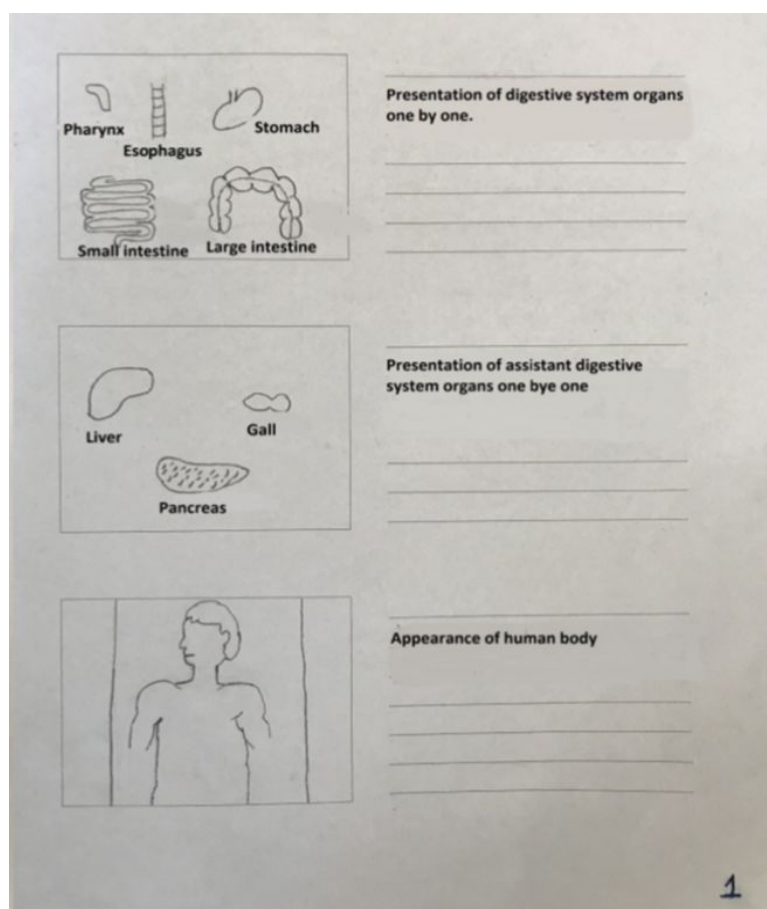
Slowmation ehk aeglustus on uus lähenemine õpetamisele, mis on viimase aastakümne jooksul välja arendatud Wollongongi Ülikoolis (Ekici & Ekici, 2014). Aeglustus on lihtsaim viis jutustava animatsiooni loomiseks, omades mitut etappi teadusliku arutelu edendamiseks (Hoban & Nielsen, 2014) ja sobib hästi koolitundidesse (Hoban & Ferry, 2006). Aeglustuse eripäraks on see, et mängitakse ainult kaks kaadrit sekundis, mitte 24 kaadrit sekundis nagu arvutianimatsioonis, kuna aeglustuse eesmärgiks on näidata ja selgitada aeglaselt teaduse kontseptsiooni (Hoban, 2007). Hoban ja Ferry (2006) järgi on aeglustuse eesmärgiks luua 1-2 minutiline animeeritud minifilm, mis räägib lugu ja läbi loomise protsessi õpetab loo mõtet.

Hoban ja Nielsen (2010) on välja toonud aeglustuse loomise viis faasi:

- taustateabe hankimine - enne animatsiooni loomist peavad õpilased otsima loodava sisu kohta informatsiooni, et saada vajalikud taustateadmised. Teise võimalusena annab õpetaja neile esmalt vajaliku ülevaate põhitõdedest.
- kava (ingl. k. *storyboard*) koostamine - õpilased kujundavad süžeeskeemi loodavast animatsioonist. Jaotades animatsiooni mitmeks stseeniks ja paigutades need loogilisse järjekorda. Iga visandi kohta on soovitatav kirjutada selgitav jutuke (joonis 1).

- modelite tegemine - kava järgi 2D või 3D modelite tegemine. Kasutada võib olemasolevaid mudeleid või teha need ise, kasutades selleks erinevaid materjale: plastiliini, kive, oksi, lõnga, paberit jne.
- digitaalsete fotode tegemine - õpilased pildistavad statiivilt, mudeleid tasapisi edasi liigutades, oma kava järgi pildiseeria.
- animatsiooni tegemine - õpilased ühendavad arvutis, vastavas tarkvaras - *iMovie*, *Windows Movie Maker*, kõik eelnevalt teostatud etapid ühtseks animatsiooniks, pannes pildid liikuma 2 kaadrit sekundis ja lisades jooksvale pildile tehnoloogilisi täiustusi.

Slowmationi disain võib teatud ulatuses sisaldada tehnoloogilisi täiustusi nagu jutukesed, muusika, teised pildid, mudelid, diagrammid, sildid, küsimused, staatilised pildid, erinevad tegelased ja kordused. (Hoban & Nielsen, 2010; Hoban & Nielsen, 2014).



Joonis 1. Kava seedeelundkonnast (Karakoyun & Yapici, 2018)

Slowmationi on kasutatud erinevates uuringuteks nii õpilaste, kui ka õpetajakoolituse tudengite seas (Hoban & Ferry, 2006; Hoban & Nielsen, 2014; Karakoyun & Yapici, 2018; Mills, Tomas, Whiteford ja Lewthwaite, 2018). Mills, Tomas, Whiteford ja Lewthwaite (2018) on oma andmete statistilises analüüsis näidanud, et aeglustumist kavandanud õpilaste huvi loodusteaduste ja geoloogia õppimise vastu on märkimisväärselt suurenenud võrreldes regulaarselt klassiruumis juhendatud õpilaste näitajatega.

Ekici & Ekici (2014) on uurinud tulevaste loodusainete õpetajate hinnangut *slowmationile* kui õppemeetodile. Uurimusest selgus, et antud meetod on julgustav, loovust arendav, informatiivne ja õpetlik protsess, mis aitab kaasa sisu mõistmisele, arendades tehnoloogiaalaseid oskusi, suurendades enesekindlust, motiveerib õppima ning parandab motoorseid oskusi. Puudusteks on suur ajakulu, protsess on tülikas ja võib tekitada konflikte rühma sees ning nõuab tehnoloogiaalast oskust.

Google otsingumootorit kasutades leiab palju näiteid aeglustuse animatsioonidest, mida on teinud kooliõpilased erinevates kooliastmetes: aastaegade, ilmastikuolude, elutsüklike, mitoosi, meioosi, fagotsütoosi, keemiliste sidemete, geenitehnoloogia kohta (Hoban & Nielsen, 2010).

1.2 Väärarusaamad

Igaüks võib kogeda väärarusaamu, mitte ainult õpilased, vaid ka täiskasvanud, sealhulgas õpetajad, õppejõud ja isegi professorid (Suprpto, 2020). Õpilased tulevad kooli erinevate kogemustega ja seletustega loodusmaailmast (Tekkaya, 2002). Veendumusi, mis ei ole kooskõlas üldtunnustatud teadusliku informatsiooniga, nimetatakse väärarusaamadeks (Voolaid & Ganina, 2006). Väärarusaamasid on nimetatud erinevalt, näiteks naiivsed tõekspidamised, ekslikud ideed, eelarvamused, püsivad lõksud, pimedad uskumused, mitteteaduslikud tõekspidamised, lasteteadus (Chavan & Patankar, 2016; Etobro & Banjoko, 2017). Väärarusaam on arusaamatus, mis tekib mõiste sidumisel teiste mõistetega ning juba õpitud mõistete sidumisel uute mõistetega, mille tulemusena tekib õpilastel vale kontseptsioon (Suprpto, 2020). Teadusained on abstraktsel kujul ja võivad õpilastes tekitada

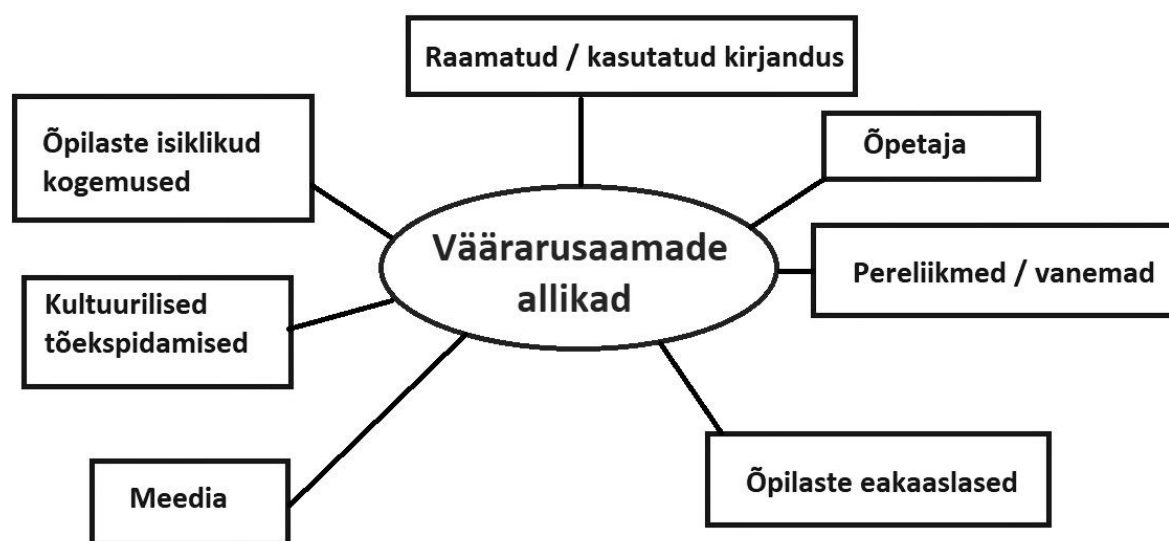
segadust ning kahtlusi. Väärarusaamad takistavad tõhusat õppimist ja lisaks võivad need viia huvi puudumisele teaduse vastu. Varasemates etappides väärarusaamade tuvastamine võib aga aidata õppijas äratada huvi ja tõsta enesekindlust. (Patil, Chavan & Khandagale, 2019)

Väärarusaamu saab liigitada järgnevalt (Committee on Undergraduate Science Education, 1997):

- Eelarvamuslikud mõisted (ingl. k. *preconceived notions*) pärinevad igapäevaelus tekkinud arusaamadest. Näiteks usub suur osa inimesi, et vesi Maa all peab voolama ojades, sest Maa peal vesi voolab ojades.
- Mitteteaduslikud uskumused (ingl. k. *nonscientific beliefs*) on õpilaste arusaamad, mis on omandatud mitteteaduslike allikate kaudu. Näiteks mütoloogiast või religioonist, kus usuõpetuse kaudu on kuulnud lühendatud versiooni Maa tekkest, mis läheb vastuollu teadusega.
- Kontseptuaalsed ehk mõistelised väärarusaamad (ingl. k. *conceptual misunderstandings*) on tekkinud, kui õpilastele õpetatakse loodusteadusi viisil, mis ei suuna neid oma mitteteaduslikke uskumusi ja igapäevaelus kujunenud arusaamu ümber mõtestama. Segaduse lahendamiseks loovad õpilased puudulikke mudeleid, mis on nii nõrgad, et nad ise on oma loodud mõistetes ebakindlad.
- Kõnekeelsed väärarusaamad (ingl. k. *vernacular misconceptions*) tulenevad sõnadest, mis igapäevaelus ja teaduslikus kontekstis omavad erinevat tähendust. Näiteks pani geoloogiaprofessor tähele, et tema õpilastel oli raske mõista, et liustikud taanduvad, sest õppurid kujutasid ette liustike ümber pöördumas ja vastupidises suunas liikumas. Asendades sõna “taanduma” sõnaga “sula” on kergem tõlgendada, et liustiku esiosa sulab kiiremini, kui jää liigub.
- Faktilised väärarusaamad (ingl. k. *factual misconceptions*) on lapsepõlves omandatud väärarusaamad, mis on säilinud ka täiskasvanueas. Näiteks arvamus, et “välk ei löö kunagi kaks korda samasse kohta” ei ole teaduslikult põhjendatud, aga leiab kasutust inimeste igapäevakeeles. Vanemad, õpetajad ja ka vanad õpikud võivad olla faktiliste väärarusaamade põhjustajaks (Suprpto, 2020).

Suprpto (2020) jagab väärarusaamade põhjused neljaks grupiks: õpilased, õpetajad, õppematerjalid ja õpetamismeetodid. Tekkaya (2002) toob välja, et lastel on väärarusaamu,

mis on välja kujunenud enne kooli ja selle ajal, ning neid eksiarvamusi võib täiendada igapäevaelu kogemus, igapäevase keele kasutamine teaduslikus kontekstis, mõistete eraldamine, õpikud ja õpetamisstrateegiad. Joonisel 2 on Patil jt. (2019) poolt on välja toodud järgmised väärarusaamade allikad.



Joonis 2. Väärarusaamade allikad (Patil, Chavan & Khandagale, 2019)

Väärarusaamad võivad tekkida õppematerjalides olevate vigade tõttu (Suprpto, 2020). Raamatutes ei pruugi olla piisavalt tõendusmaterjali ning nende sisu võib olla esitatud ebaselgelt ja mitmeti mõistetavalt. Samuti ei pruugi need olla kõikehõlmavad ega piisavate näidetega konkreetse kontseptsiooni mõistmiseks (Patil, Chavan & Khandagale, 2019). Oluline on õpetaja keelekasutus, kuna õpetaja suhtluskeel võib mõjutada õppimist ja tekitada väärarusaamu teaduse kontseptsioonides (Yip, 1998; Patil, Chavan & Khandagale, 2019). Väärarusaamu põhjustavad ka õpetajad, kes ei valda õppeainet (Suprpto, 2020).

Pereliikmed, eriti vanemate teaduslik meelelaad (ingl. k. *temper*) mõjutab õpilaste arusaamu seoses teadusliku kontseptsiooniga. Pereliikmetele antud roll võib takistada teaduslikku mõtlemist ja kontseptsiooni moodustumist (Patil, Chavan & Khandagale, 2019). Näiteks vanemad või teised pereliikmed, seistes silmitsi laste küsimustega, ei julge tunnista, et ei

teata vastust ja on tavaline, et antakse vale vastus (Chavan ja Patankar, 2016). Õpilaste eakaaslastel on suurim mõju just mitteametliku õppimise puhul, eriti kooliõpilastel, kelle abstraktset mõtlemist koos reeglite, väärtuste ja kohustustega mõjutab eakaaslaste heakskiit (Patil, Chavan & Khandagale, 2019).

Kultuurilised veendumused on põhjustatud individuaalse ja perekondliku tausta veendumustest koos usu, kogukonna, traditsioonide, rituaalide ja ühiskonnaga, kus viibitakse (Patil, Chavan & Khandagale, 2019). Meedia on kõige võimsam vahend, kuna see kujundab ja arendab individuaalset mõtlemist. TV kanalid propageerivad valesid tõekspidamisi ilma ühegi teadusliku aluseta oma seriaalide sisus, samuti reklaamid koos eksiarvamuste ja mõistuspärasuseta (Patil, Chavan & Khandagale, 2019). Õpilaste isiklikud veendumused on kujundanud kool, meedia, ühiskonnad, vanemad, eakaaslased, eelnevad kogemused jne. (Patil, Chavan & Khandagale, 2019; Suprpto, 2020).

Uusi mõisteid on raske õppida, kui olemasolevaid väärarusaamu ei parandata (Committee on Undergraduate Science Education, 1997). Enne väärarusaamade parandamist tuleb need välja selgitada (Tekkaya, 2002; Etobro & Banjoko, 2017). Õpetajalt nõuab see õpilaste väärarusaamade kindlaks tegemist, laskmist õpilastel oma väärarusaamadega silmitsi olla ja nende aitamist teadmiste rekonstrueerimisel ja omaks võtmisel, tuginedes teaduslikele mudelitele (Committee on Undergraduate Science Education, 1997). Selleks, et õpetaja saaks väärarusaamu tuvastada, on tal võimalik kasutada erinevaid meetodeid (Tekkaya, 2002). Näiteks on selleks kasutatud kontseptuaalseid teste, joonistamist, väikseid grupiarutelusid, peetud dialooge, tehtud laboratoorseid katseid, lastud kirjutada põhjendusi sisaldavaid esseesid või vastata avatud küsimustele (Committee on Undergraduate Science Education, 1997; Silva & Almeida, 2017; Patil, Chavan & Khandagale, 2019). Seejärel on õpetajal võimalik kasutada sobivaid didaktilisi strateegiaid õpilaste arusaamade parandamiseks (Silva & Almeida, 2017).

Bioloogias on väärarusaamad levinud mõistete hulgas: hingamine, ökoloogia, geneetika, fotosüntees, vereringesüsteem, energjavool ja klassifikatsioonid (Tekkaya, 2002). Hingamise kohta on Tekkaya (2002) välja toonud järgmised väärarusaamad:

- hingamise eesmärk on varustada, hapnikuga ja eemaldada süsihappegaas;

- hingamine on gaasivahetuse protsess, mille käigus hapnik võetakse sisse ja süsihappegaas eraldub;
- hingamine toimub kopsudes; hingamine taimedes toimub ainult öösel;
- mõned loomad, eriti selgrootud, ei hinga;
- loomad hingavad aeroobselt, taimed anaeroobselt;
- taimed ei hinga, nad hoopis fotosünteesivad.

Silva ja Almeida (2017) on hingamise kohta välja toonud järgmised väärarusaamad:

- süda on hingamiselundkonna osa;
- kopsud on õhutorude kaudu südamega ühenduses;
- gaasid, mida me sisse hingame ei ole samad, mida me välja hingame;
- õhku lihtsalt hingatakse sisse ja välja, organismi jaoks ei ole sellel mingit funktsiooni;
- sissehingatavas õhus on vähem hapnikku kui väljahingatavas õhus.

Eksiarvamuste ärahoidmiseks peaksid õpetajad: ennetama kõige levinumaid väärarusaamu ja olema tähelepanelikud teiste osas; julgustama õpilasi testima oma kontseptuaalseid raamistikke teiste õpilastega vesteldes, mõeldes tõenditele ja võimalikele katsetele; hindama ja ümber hindama õpilaste mõistete/ideede paikapidavusi; mõtlema, kuidas pöörata tähelepanu tavapärastele väärarusaamadele läbi praktiliste demonstratsioonide ja laboritöö. (Committee on Undergraduate Science Education, 1997) Õppekavade arendajad ja õpikute autorid peaksid probleemide varajaseks avastamiseks tegema koostööd ja lisama selliseid näiteid, mis selgitavad ühe mõiste mitut tähendust (Tekkaya, 2002).

1.3 Hingamiselundkonna käsitlus põhikooli bioloogias

Koolibioloogias käsitletakse hingamiselundkonda 9. klassis hingamise teema juures. PRÕK (2011) ainekavas on välja toodud järgnevad oodatavad õpitulemused - õpilane:

- analüüsib hingamiselundkonna ehituse ja talitluse kooskõla;
- koostab ning analüüsib jooniseid ja skeeme hingamiselundkonna ehitusest ning sisse- ja väljahingatava õhu koostisest ning selgitab nende alusel hingamise olemust;
- analüüsib treeningu mõju hingamiselundkonnale;

- selgitab hingamiselundite levinumate haiguste tekkepõhjusi ja haiguste vältimise võimalusi;
- suhtub vastutustundlikult oma hingamiselundkonna tervisesse.

Eelnevalt on 7. klassis käsitletud erinevate selgroogsete rühmade hingamiselundite talitlust ja mitmekesisust, võrreldud hingamist kopsude, naha ning lõpuste kaudu õhk- ja vesikeskkonnas. 8. klassis on käsitletud taimede hingamist ja selgrootute loomade kohastumusi hingamiseks lõpuste, kopsude ja trahheedega. (PRÕK, 2011)

2. Metoodika

Antud magistritöös uuriti 9. klassi õpilaste väärarusaamu hingamisel toimuvatest protsessidest, kasutades õpilaste poolt hingamisprotsesside animeerimist *slowmationi* meetodiga. Järeltestiga püüti välja selgitada, kas peale *slowmationi* teostamist õpilaste ainealased teadmised ja uurimuslikud oskused suurenesid võrreldes eeltestiga. Lisaks uuriti, milliseid väärarusaamu ilmnes õpilaste tehtud *slowmationi* animatsioonidest.

Järgnevalt antakse ülevaade uuringu disainist, valimist, uurimistöös kasutatud instrumendist.

2.1 Ülevaade uuringu disainist

Esmalt tutvus töö autor uuringu läbiviimiseks kirjanduse ja eelnevate uuringutega. Sellele järgnes *slowmationi* teostamiseks õpilastele vajalike tööjuhendite koostamine (lisa 2, lisa 3, lisa 4) ja pilootvideo tegemine. Pilootvideo eesmärk oli välja selgitada, kui kaua aega antud tegevus reaalselt nõuab, kuidas see on teostatav ja millise vabavara programmiga animatsiooni kokku panna. Kõige eelneva põhjal sai paika panna ka põhiuuringuks kuluvate tundide arvu. Õpilaste ainealaste teadmiste ja uurimuslike oskuste arengu uurimiseks koostati test, mida õpilased lahendasid nii eel- kui järeltestina. Testi sõnastust kontrolliti eelnevalt õpilaste peal ja teostati vajalikud parandused. Ekspert hinnangu testile andsid kaks loodusainete õpetajat.

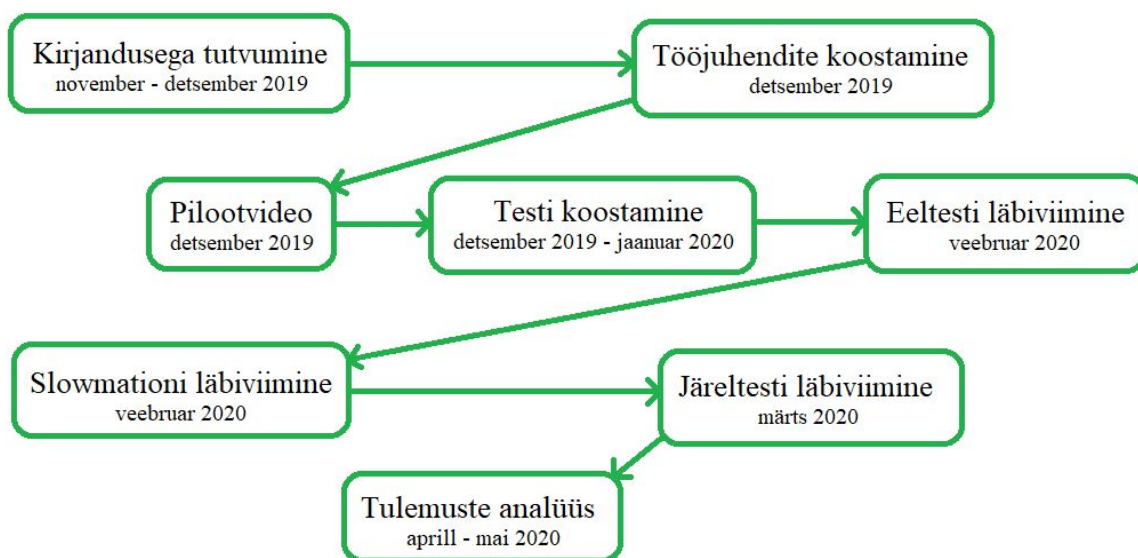
Põhiuuringu viis töö autor läbi 2020. aasta veebruaris ja märts, kuna sellel perioodil oli antud kooli aineõpetajal kavas hingamiselukonda tunnis käsitleda. Uuringu läbiviimiseks küsiti koolist eelnevalt luba ja õpilastelt kogutud andmeid käsitleti anonüümselt.

Kokku kulus uuringu teostamiseks viis 45 minutit ainetundi. Mõlemad paralleelklassid läbisid samu tegevusi ühel ja samal päeval. Esimesel tunnil täitsid õpilased eeltesti (lisa 1), mille käigus nad õppisid iseseisvalt hingamiselukonna teemat. Testi tehes said nad kasutada õpikuid (Avita, 2013), kuna toimus iseseisvalt uue osa õppimine.

Järgnevalt kolmeks tunniks jagasid õpilased ennast omal valikul rühmadesse, millele järgnes ühiselt *slowmationi* animatsiooni tegemine - esimesel tunnil koostati kava (lisa 3), teisel tunnil pildistati (lisa 5) oma kava järgi pildiseeria. Kolmandal tunnil pandi arvutis eelnevalt

tunnil tehtud piltidest kokku animatsioon, millele loeti peale vajalikud selgitused ja lisati täpsustavaid märksõnu.

Viimases tunnis lahendasid õpilased järeltesti (lisa 1), mis koosnes samadest ülesannetest, millest eeltestki. Testide eesmärk oli võrrelda õpilaste vastuseid, et näha, kas *slowmationi* teostamise järel on nende arusaamine hingamisprotsessidest muutunud või mitte. Antud uuringu etappe on iseloomustatud joonisel 3.



Joonis 3. Uuringu disain

2.2 Valim

Andmete kogumiseks moodustati mugavusvalim, mis koosnes ühe Tartu kooli kahest 9. klassist. Uuringusse valiti 9. klassi õpilased, kuna PRÕK (2011) järgi on neil loodusainete ainevaldkonnas ettenähtud hingamiselundkonna käsitus. Uuringu käigus andis õpilastele tunde töö autor. COVID-19 tingitud eriolukorrast tõttu ei olnud kahjuks võimalik teises koolis planeeritud võrdluskatset läbi viia. Esialgsesse valimisse kuulus kahe klassi peale kokku 51 õpilast. Lõplikku valimisse kuulus 44 õpilast, kes olid täitnud nii eel- kui ka järeltesti.

2.3 Instrument

Väärarusaamade väljaselgitamiseks koostasid õpilased rühmatööna *slowmationi* videosid. *Slowmationi* tööjuhendite tegemiseks kasutas töö autor www.slowmation.com lehel olevate Wollongongi Ülikoolis Garry Hobani poolt koostatud juhendite näidiseid. Tasuta vabavara saamiseks tuli kasutada teist programmi, valituks osutus Filmora 9.

Iga õpilase individuaalse arengu väljaselgitamiseks koostati loodusteadusliku kirjaoskuse test (Rannikmäe, 2019). Magistritöö uuringus hindas autor eel- ja järeltestiga kahte komponenti (lisa 6) - ainesisu ja uurimuslikke oskusi, kasutades ülesannete koostamisel erinevaid tunnuseid. Et test oleks õpilaste jaoks relevantne, seoti see igapäevaelulise kontekstiga, mille läbivateks tegelasteks olid 16-aastased kaksikud Tõnu ja Jaak. Valiidsuse tagamiseks tehti testile eelnevalt ekspertide poolt läbivaatus, mille käigus teostati vajalikke parandusi. Ülesandeid hinnati punktisüsteemis ja kokku oli võimalik testi eest saada 34 punkti.

2.4 Andmeanalüüs

Loodusteadusliku kirjaoskuse eel- ja järeltesti küsimuste vastustest saadud punktid lisati MS Excel 2013 tabelisse, mille abil sai läbi viia lihtsamat statistilist andmeanalüüsi - arvutada õpilaste eel-ja järeltesti punktide aritmeetilised keskmised ja protsendid. Kuna õpilastel oli võimalik eel- ja järeltestis olevate ülesannete eest saada 0,5-6 punkti, kodeeriti andmete paremaks analüüsimiseks eel- ja järeltesti vastused kolme kategooriasse. Esimesse kategooriasse kuulusid puudulikud vastused, mis olid valesti vastatud või vastamata (1). Teise kategooriasse kuulusid vastused, mis olid osaliselt õiged, kuid vähemalt 50% oodatavast vastusest oli olemas (2). Kolmandasse kategooriasse kuulusid vastused, mis olid täielikult õigesti vastatud (3).

Andmete analüüsimiseks kasutas töö autor IBM SPSS Statistics Subscription (*Statistical Package of Social Studies*) Wilcoxon signed-rank testi, millega oli võimalik analüüsida eel- ja järeltesti küsimustike keskmiste punktide vastuseid ning hinnata õpilaste arusaamade arengu usaldusväärset *slowmationi* meetodi rakendamisel. Uuringu läbiviija otsustas mitteparameetrilise statistika kasuks, kuna tunnuste väärtused ei vastanud normaaljaotusele.

Slowmatsioni videode analüüsimiseks vaatas töö autor korduvalt õpilaste teostatud animatsioone ja kirjutas välja erinevad väärarusaamad, mida neid nähes ja kuuldes tuvastas. Saadud andmed vaadati üle koos eksperdiga ja kanti kokkuvõtlikku tabelisse, mille põhjal sai teha järeldused teisele uurimisküsimusele.

3. Tulemused ja analüüs

Töö eesmärk oli välja selgitada, kuidas mõjutab hingamisprotsesside animeerimine *slowmationi* meetodiga õpilaste ainealaseid teadmisi ja uurimuslikke oskusi. Selleks uuriti, missugune oli erinevus eel- ja järeltesti ülesannete vastuste vahel ja kas need erinevused on statistiliselt olulised. Samuti oli eesmärgiks uurida, milliseid väärarusaamu ilmneb õpilaste tehtud *slowmationi* animatsioonides.

3.1 Testide tulemused

Test koosnes 23. küsimusest. 16. küsimusega (A1-A16) hinnati ainesisu tundmist ning need jagunesid kolme tunnuse vahel. Seitsme küsimusega (U1-U7) hinnati uurimuslikke oskusi, mis jagunesid nelja tunnuse vahel. Õpilaste eel- ja järeltesti kodeeritud vastused on tabelina esitatud lisa 7. Õpilaste eel- ja järeltesti ainealaste ja uurimuslike küsimuste keskmised tulemused koos statistiliste tulemustega on esitatud lisa 8.

3.1.1 Ainesisu tundmine

Ainesisu tundmist hõlmasid küsimused A1-A16 (lisa 6), mis hindasid kolme tunnust, milles õpilane:

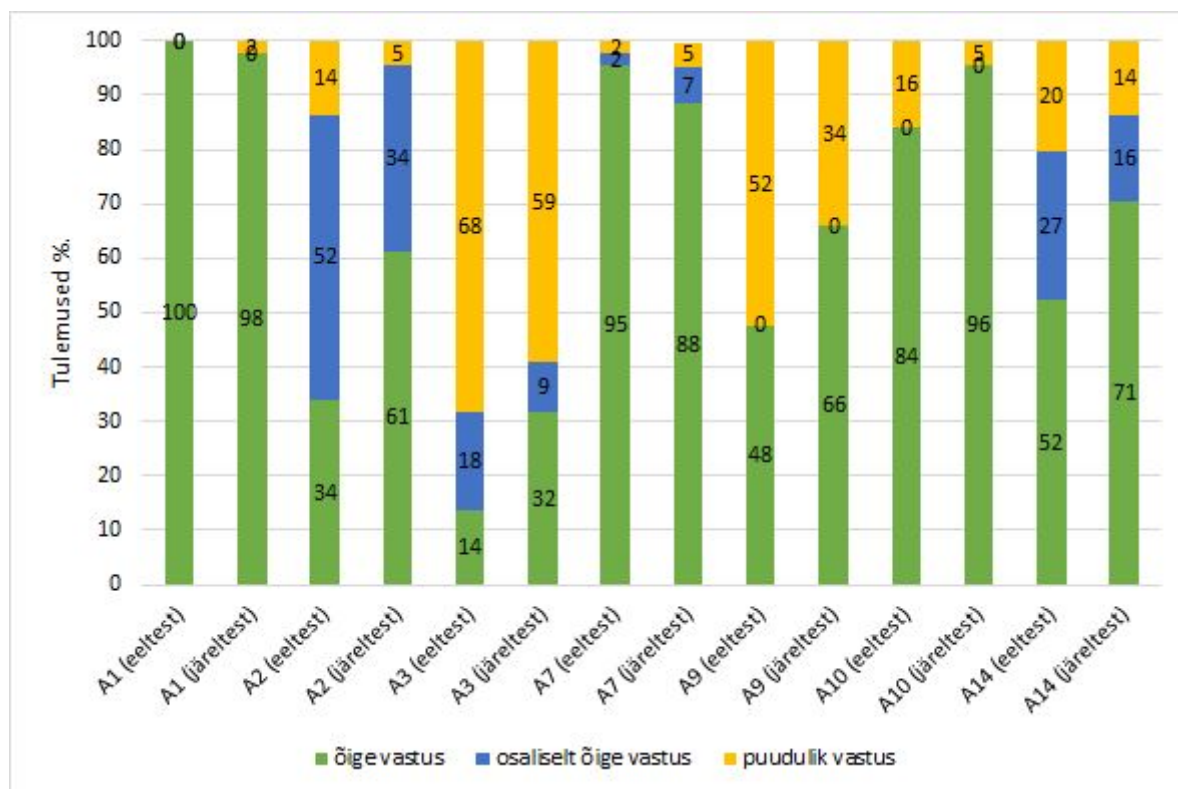
- selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid;
- kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid või jooniseid;
- kasutab korrektselt mõisteid, sümboleid ning ühikuid.

Esimene tunnus, mida hinnati, oli õpilaste oskus selgitada ja analüüsida loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid. Selle tunnuse alla kuulusid küsimused: A1, A2, A3, A7, A9, A10, A14 (lisa 6), mille eel- ja järeltesti tulemused on esitatud joonisel 4.

Tulemustest selgus, et kõige paremini on õpilased vastanud järeltestis küsimustele A1, A7, ja A10, kus õigete vastuste protsent jäi vahemikku 88,6-97,7. Küsimus A10 puhul olid tulemused 11,4% võrra paremad kui eeltestis, näidates statistiliselt mõõdukat usaldusväärsust ($Z=-2,236$, $p<0,05$). Sellele küsimusele esines kaks puudulikku vastust, kus ühe vastuse puhul

võis olla tegu hajameelsusega, ei loetud vastust korralikult lõpuni ja valiti variant: “Glükoos laguneb hapniku abil veeks ja süsihappegaasiks ning neeldub energia” Teisel juhul oli tegu ilmselge väärarusaamaga: “Süsihappegaasi toimel lagundatakse glükoosi ja vabaneb energia”.

Olgugi, et küsimustel A1 ja A7 olid järeltestis head tulemused, oli nende õigete vastuste osakaal eeltestis veelgi parem. Järeltestis langes küsimus A1 õigete vastuste osakaal 2,3% võrra, kuna üks õpilane jättis küsimusele vastamata ja küsimuse A7 puhul vähenes õigete vastuste osakaal 6,9% võrra. See oli üsna üllatav, kuna tegu oli lihtsa küsimusega, kus tuli kirjutada järjekorras kõik elundid, mida õhk läbib sissehingamisel. Paraku esines selliseid vastuseid, kus mõni elund oli puudu või ei olnud üldse midagi vastatud.



Joonis 4. Õpilaste eel- ja järeltesti tulemuste vastuste osakaalu % tunnusele - selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid (N=44)

Kõige enam suurenes õigete vastuste osakaal küsimusele A2, kus lisandus eeltestiga võrreldes 12 õiget vastust, ehk siis õpilased olid oma vastustesse lisanud rohkem põhjendusi,

tõstes järeltesti õigete vastuste osakaalu 27,3% võrra. See näitab statistiliselt tugevat usaldusväärsust ($z=-3,578$, $p < 0,001$), ehk siis õpilaste teadmiste olulist tõusu.

Näiteks: *“Kehalise koormuse korral vajavad lihasrakud töötamiseks rohkem energiat (rohkem hapniku). Inimesel, kes pole harjunud kehalise koormusega, kutsub pingutus esile hingeldamise”*.

Küsimuste A3, A9 ja A14 õigete vastuste osakaal suurenes 18,2% võrra. Küsimuse A14 puhul oli tegu avatud küsimusega ja õpilased pidid oskama selgitada, miks hapnikuvajadus treeningu ajal suureneb. Õigeks loeti vastused, kus lisaks energia vajadusele kirjeldati ka protsesse, näiteks: *“Lihased teevad intensiivset tööd ja vajavad rohkem energiat, seega on vaja lõhustada rohkem glükoosi, milleks on vaja rohkem hapniku.”*, *“Kehalise koormuse korral vajavad lihased töötamiseks rohkem energiat ja selle vabanemiseks rakkudes on vaja rohkem hapnikku.”* Seega toimus selle küsimuse puhul õpilaste selgitamise oskuse juures statistiliselt usaldusväärne muutus ($Z=-2,500$, $p < 0,05$), väljendudes kaheksa täielikult õige vastuse lisandumisega järeltestis võrreldes eeltestiga.

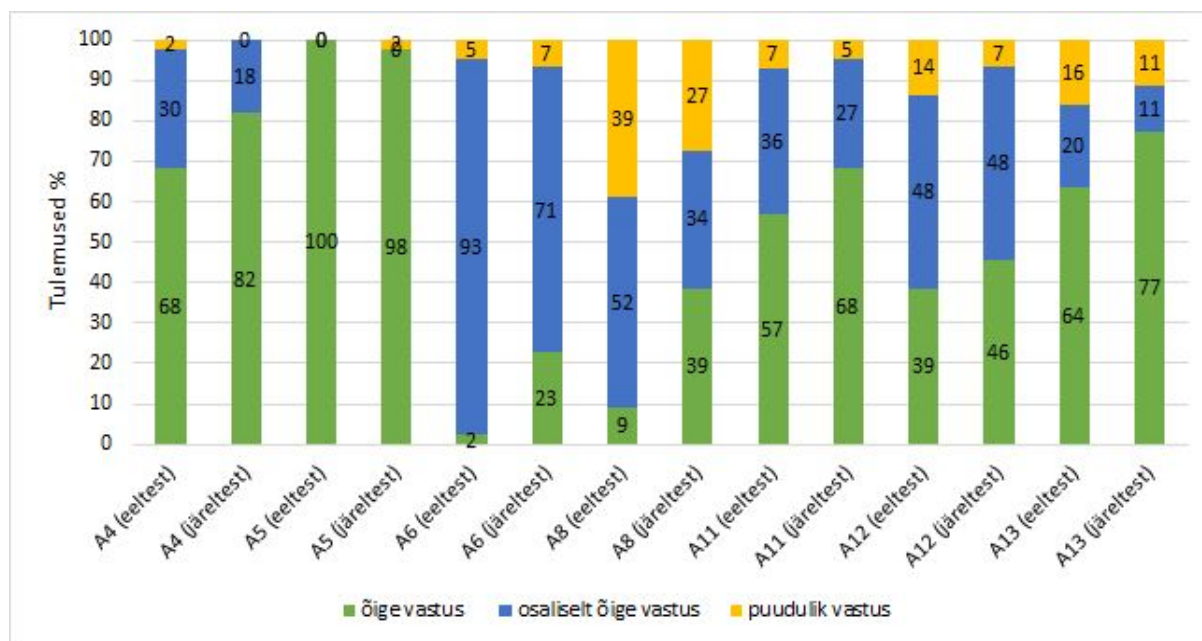
Kuigi küsimuse A3 puhul suurenes õigete vastuste osakaal 18,2%, oli sellel küsimusel kõige suurem valede vastuste osakaal, olles 59,1% 26 vastajaga. Õpilastel tuli valikvastuste hulgast valida vastus küsimusele, mis põhjustab jooksmisel hingamissageduse muutumise, ning anda sellele ka selgitus - see aga valmistas neile raskusi. Olgugi, et sellele küsimusele oli õpikus selge vastus koos selgitusega olemas, pakkusid õpilased veres sisalduva süsihappegaasi koguse asemel vastuseks veres sisalduvat hapniku või glükoosi kogust.

Puudulikke vastuseid oli selle tunnuse juures kõige enam küsimustele A3, olles 59,1% ja küsimusele A9, olles 34,1%. Küsimuse A9 puhul sooviti valikvastuste hulgast teada, millises rakuorganellis toimub rakuhingamine. Antud küsimuse puhul ei olnud õpikus hingamiselundkonna peatüki all mitokondritest üldse kirjutatud, seega pidid õpilased seda mäletama õpiku algusest, kus korralti raku ehitust või 8. klassis käsitletud taime- ja loomarakkude ehituse ja talitluse juures õpitust. Tegelikult võiks mitokondrid olla ka hingamiselundkonna peatüki juures käsitlemisel, sest rakuhingamise protsess toimub rakus olevates mitokondrites ja mida rohkem mõisteid korrata ning meelde tuletada, seda paremini teema kinnistub ning lihtsam on luua seoseid. Samas näitab eel- ja järeltesti statistiline

võrdlus, et selles küsimuses on õpilaste teadmistes toimunud statistiliselt usaldusväärne areng ($Z=-2,646$, $p<0,05$).

Teine tunnus, mida hinnati, oli õpilaste oskus kasutada protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid ja jooniseid. Selle tunnuse alla kuulusid küsimused: A4, A5, A6, A8, A11, A12, A13 (lisa 6), mille eel- ja järeltesti tulemused on esitatud joonisel 5.

Antud tunnuse puhul esines kõige enam õigeid vastuseid küsimustele A5, A4 ja A13, olles vahemikus 77,3-97,7%. Küsimuse A4 puhul oli järeltesti õigete vastuste osakaal 13,6% võrra suurem ja ei esinenud ühtegi puudulikku vastust. Osaliselt puudulike vastuste hulga tingis selle küsimuse juures asjaolu, et paljudel juhtudel jäi õpilastel joonisele kõri ja neel juurde joonistamata.



Joonis 5. Õpilaste eel- ja järeltesti tulemuste vastuste osakaalu % tunnusele - kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid ja jooniseid (N=44)

Küsimuse A5 õigete vastuste arv oli eeltestis 100%, kuid järeltestis vastas sellele õigesti 43 õpilast, ehk õigete vastuste osakaal vähenes 2,3% võrra, kuna üks õpilane oli jätnud sellele küsimusele arvatavasti tähelepanematuses vastamata. See oli ka ainus küsimus, mille õigete

vastuste osakaal antud tunnuse juures järeltestis vähenes. Vereringe ja hingamiselsundkonna omavaheliste seoste kohta suurenes küsimuse A13 puhul õigete vastuste osakaal 13,7% võrra. Kõige enam, 29,5% võrra, suurenes õigete vastuste hulk küsimusele A8, kus tuli otsustada, millised väited joonisel toimuvate protsesside kohta on tõesed. Seitsmest valikust neli olid tõesed ja õigete vastuste arv suurenes järeltestis 13 vastaja võrra, näidates statistiliselt usaldusväärset muutust ($Z=-2,624$, $p<0,05$). Kuna selle küsimuse kõigi õigete vastuste protsent on kokkuvõttes ainult 38,6 ja valede vastuste osakaal 27,3%, näitab see, et gaasivahetuse protsessist ei ole hästi aru saadud.

Osaliselt õigete vastuste osakaal oli kõige suurem küsimuse A6 puhul, kus tuli kasutada protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid, olles eeltestis 93,2% ja järeltestis 70,5%. Õigete vastuste hulk suurenes järeltestis 20,4% võrra, näidates statistiliselt usaldusväärset muutust ($Z=-2,832$, $p<0,05$), ent jäi siiski küsimuseks, mille õigete vastuste hulk oli kõige väiksem.

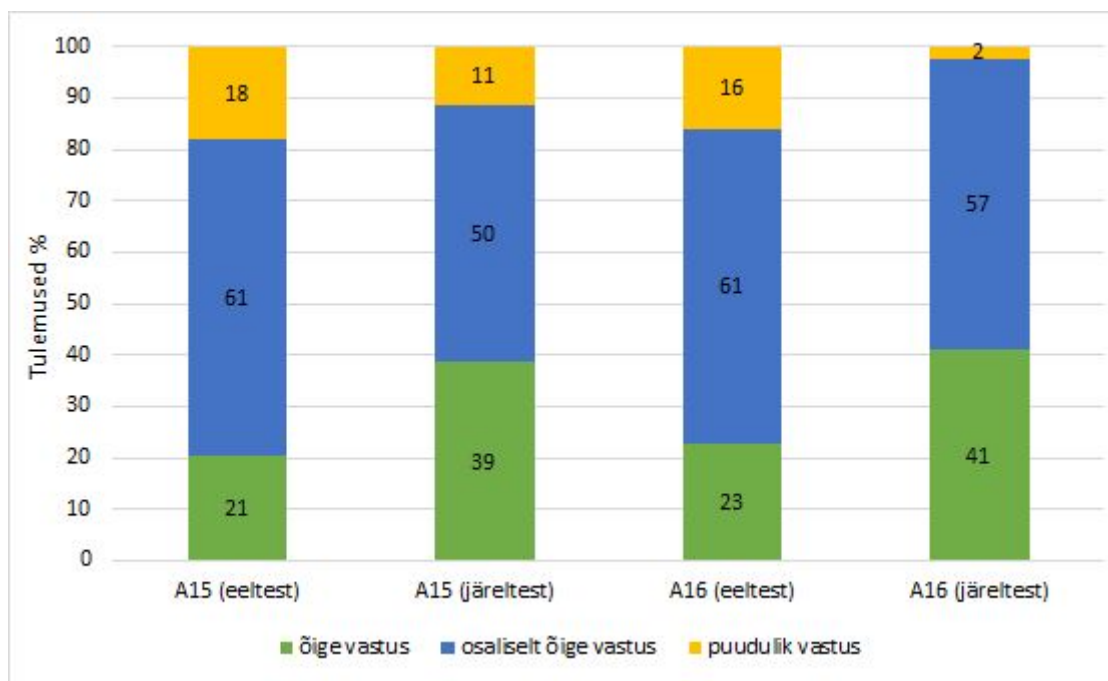
Kõige vähem puudulikke vastuseid esines küsimusele A5 ja A11. Küsimusele A11, puhul oli õigete vastuste hulk 30, olles 68,2%. Õpilastel tuli täita skeemil lüngad raku hingamise kohta, osaliselt õigete vastuste puhul eksiti peamiselt kahes kohas. Esiteks ei osatud märkida lünka verd/vereringet ja teiseks ei loetud korralikult, millisele reale kirjutada, mis tekib või vabaneb ja seega kirjutati vastused valedeesse lünkadesse. Näide volest vastusest: „.....tekib energia ja vabaneb vesi”

Küsimusele A12 puhul oli osaliselt õigete vastuste osakaal nii eel- kui järeltestis 47,7%. Põhjus oli selles, et ei anta täielikku vastust koos põhjendusega. Kui õpilased pidid raku hingamise skeemi põhjal järeltestida, miks on vaja hapnikku, siis poolikuks loeti näiteks järgnevat vastust: *“Et saada energiat”* või *“Energia saamiseks”*. Õigeks vastuseks loeti näiteks: *“Selleks, et lagundada glükoos ning selle tulemusel saada energiat”*. Õigete vastuste hulk suurenes järeltestis 3 vastaja võrra, olles 45,5%.

Kolmas tunnus, mida hinnati, oli õpilaste oskus kasutada korrektselt mõisteid, sümboleid ning ühikuid. Selle tunnuse alla kuulusid küsimused: A15 ja A16 (lisa 6), mille eel- ja järeltesti tulemused on esitatud joonisel 6.

Mõlema küsimuse puhul on näha, et järeltesti tehes on suurenenud õigete vastuste osakaal, küsimuse A15 puhul 18,1 % ja A16 puhul 18,2% võrra, ehk siis õpilaste oskus kasutada mõisteid on pisut arenenud. Küsimuse A15 puhul on õpilaste teadmistes toimunud

statistiliselt usaldusväärne areng ($Z=-2,029$, $p<0,05$), nagu ka küsimuse A16 puhul ($Z=-2,841$, $p<0,05$). Mõlema küsimuse puhul on siiski osaliselt õigete vastuste osakaal kõrge, ületades 50%.



Joonis 6. Õpilaste eel- ja järeltesti tulemuste vastuste osakaalu % tunnusele - kasutab korrektselt mõisteid, sümboleid ning ühikuid (N=44)

3.1.2 Uurimuslikud oskused

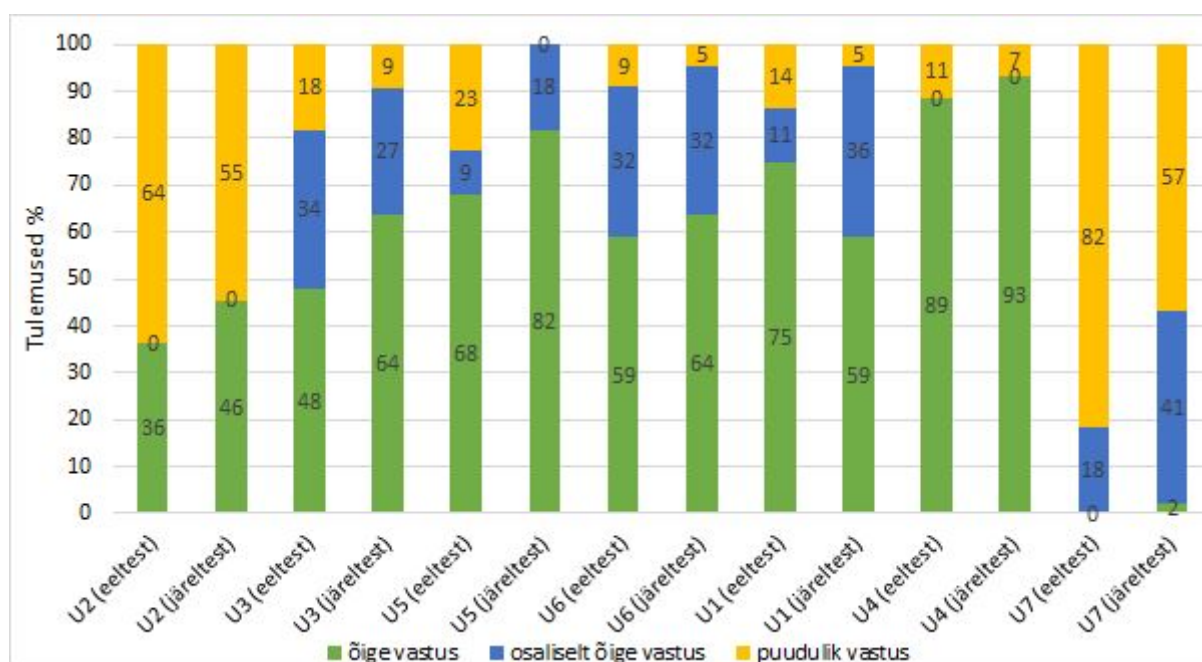
Õpilaste uurimuslikke oskusi hinnati küsimustega U1-U7 (lisa 6), mis jagunesid nelja tunnuse vahel, milles õpilasel tuli :

- analüüsida ja tõlgendada andmeid ning teha asjakohaseid järeldusi;
- leida situatsioonist probleem ja sõnastada see mõistetaval kujul;
- sõnastada uurimisküsimus ja/või hüpotees;
- kavandada katse ning valida selleks sobivad vahendid.

Selles kategoorias vähenes järeltestis kõikide küsimuste puudulike vastuste osakaal. Esimene tunnus, mida hinnati, oli õpilaste oskus analüüsida ja tõlgendada andmeid ning teha

asjakohaseid järeldusi. Selle tunnuse alla kuulusid küsimused: U2, U3, U5 ja U6 (lisa 6), mille eel- ja järeltesti tulemused on esitatud joonisel 7. Selle tunnuse puhul tuli kõige rohkem õigeid vastuseid küsimusele U5, kus tuli graafiku alusel täita tabel hingamissageduse ja pulsilöökide arvu kohta enne treeningut, treeningu ajal ja pärast treeningut. Õigete vastuste osakaal järeltestis oli 81,8%, näidates statistiliselt usaldusväärset tõusu ($Z=-2,818$, $p<0,05$) oskuses analüüsida ja tõlgendada graafikult andmeid. See oli ka ainus küsimus, kus järeltesti puhul puudulikke vastuseid ei esinenud.

Küsimuste U3 ja U6 puhul oli järletestis õigeid vastuseid võrdselt, kummaski 28 vastaja poolt, olles 63,6%. Küsimuse U3 puhul pidid õpilased graafikute põhjal tegema kaks järeldust, millist mõju avaldab füüsiline koormus hingamissagedusele. Järeletesti tehes paranes õpilaste graafikute analüüsioskus ja järelduste tegemise võime 15,9% võrra, näidates statistiliselt usaldusväärset oskuste arengut ($Z=-2,0147$, $p<0,05$). U6 küsimuse puhul tuli õpilastel samuti graafiku põhjal teha järeldused, millised valikvastustes olevad väited on tõesed. Puudulike vastuste hulk oli selle küsimuse puhul 4,5% ehk 4,6% võrra väiksem kui eeltestis.



Joonis 7. Õpilaste eel- ja järeltesti tulemuste vastuste osakaalu % uurimuslike küsimuste kaupa (N=44)

Suureks üllatuseks tuli töö autorile küsimuse U2 vähene õigete vastuste osakaal, mis oli järeltestis kõigest 45,5% ja puudulike vastuste osakaal 54,6%. Tundub, et õpilased on väljahingatava õhu hulka enne jooksmist uurinud hoopis graafikult, kus on näidatud väljahingatava õhu hulk pärast jooksmist.

Teine tunnus, mida hinnati, oli õpilaste oskus leida situatsioonist probleem ja sõnastada see mõistetaval kujul. Selle tunnuse alla kuulus küsimus U1 (lisa 6), mille eel- ja järeltesti tulemused on esitatud joonisel 7. Selle küsimuse puhul langes õigete vastuste osakaal uurimuslike küsimuste ja ka terve testi ulatuses kõige enam 15,9% võrra ehk kui eeltestis oli õiged vastused 33, siis järeltestis ainult 26. Õpilased olid probleemi sõnastamise asemel sellele hoopis lahendusi pakkunud.

Kolmas tunnus, mida hinnati, oli õpilaste oskus sõnastada uurimisküsimus või hüpotees. Selleks tuli neil küsimuse U4 (lisa 6) etteantud uurimisküsimuste seast valida, eelnevaid graafikuid arvestades, õige uurimisküsimus. Õigete vastuste arv tõusis järeltestis 4,6% võrra, olles kokkuvõtteks 93,2%, näidates õpilaste oskust valida õige uurimisküsimus. Statistiliselt kaasnes selle küsimuse osas usaldusväärne tõus ($Z=-2,000$, $p<0,05$).

Neljas tunnus, mida hinnati, oli katse kavandamise oskus ja selleks sobivate vahendite valimine. Sellele tunnusele vastas küsimus U7 (lisa 6), mille eel- ja järeltesti tulemused on näha joonisel 7. Kui eeltesti puhul ei olnud ühtegi täielikult õiget vastust, siis järeltestis oli üks täielikult õige vastus. Osaliselt õigete vastuste hulk suurenes eeltestiga võrreldes 22,7% võrra, mistõttu keskmise punktiarvestuse järgi toimus õpilaste teadmistes statistiliselt usaldusväärne tõus ($Z=-2,390$, $p<0,05$). Puudulike vastuste hulk vähenes 22,7% võrra, olles siiski 59,1% juures väga kõrge.

Kõiki seitsset tunnust eraldi analüüsides (tabel 1) selgus, et kõige olulisemad muutused toimusid tunnustele: kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid või jooniseid ($Z=-4,212$, $p<0,001$) ja analüüsib ja tõlgendab andmeid ning teeb asjakohaseid järeldusi ($Z=-3,374$, $p=0,001$).

Mõõdukad muutused õpilaste teadmistes ja oskustes toimusid tunnustele: selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid ($Z=-2,989$, $p<0,05$), kasutab korrektselt mõisteid, sümboleid ning ühikuid ($Z=-3,102$, $p<0,05$), sõnastab uurimisküsimuse

ja/või hüpoteesi ($Z=-2,000$, $p<0,05$) ja kavandab katse ning valib sobivad vahendid ($Z=-2,390$, $p<0,05$).

Ainuke tunnus, mille puhul ei toimunud statistiliselt usaldusväärset muutust, oli: leiab situatsioonist probleemi ja sõnastab selle mõistetaval kujul ($Z=-0,778$, $p>0,05$).

Tabel 1. Eel- ja järeltesti tunnuste keskmised tulemused

Hinnatav komponent	Hinnatav tunnus	Eeltesti tulemus	Järeltesti tulemus	Z	p * $p\leq 0.05$, ** $p\leq 0.001$
Ainesisu	Selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid	0,56	0,63	-2,989	0,003*
	Kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid või jooniseid	1,80	1,98	-4,212	0,000**
	Kasutab korrektselt mõisteid, sümboleid ning ühikuid	0,77	0,92	-3,102	0,002*
Uurimuslikud oskused	Analüüsib ja tõlgendab andmeid ning teeb asjakohaseid järeldusi	0,81	0,93	-3,374	0,001**
	Leiab situatsioonist probleemi ja sõnastab selle mõistetaval kujul	0,83	0,78	-0,778	0,438
	Sõnastab uurimisküsimuse ja/või hüpoteesi	0,43	0,48	-2,000	0,046*
	Kavandab katse ning valib sobivad vahendid	0,63	0,91	-2,390	0,017*

3.2 *Slowmationi* videode analüüs

Rühmatööde käigus valmis kokku 15 animatsiooni, mille pealkirjaks valiti: "Hingamiselundkond varustab keha hapnikuga", kuna selle järgi peaks olema kajastatud kõik hingamise käigus toimuvad etapid. Saadud andmetest selgus, et õpilased ei mõista, et hingamine koosneb erinevatest etappidest: sisse- ja väljahingamisest, gaasivahetusest kopsudes ja kudedes ning rakuhingamisest. Kõige enam on kujutatud õhu liikumist hingamisteedes, 12 korral (80%), sealhulgas viiel juhul on kirjeldatud, kuidas sisse- ja väljahingamise korral muutub rinnaõõne ruumala, kuid neljal juhul ei ole selgitatud, mis on selle põhjuseks.

Kaheksas videos (53%) on kujutatud gaasivahetust ja rakuhingamist, kuid paljudel juhtudel ei ole esitatud protsessi kirjeldust või ei ole seda tehtud täielikult. Kõige puudulikumalt on esitatud hapniku transport alveoolidest rakkudesse, mida esineb viies videos (33%). Süsihappegaasi eraldumist organismist on mainitud seitsmes videos (47%), kuid üheski neist ei ole toimuvat selgitatud.

Näiteid refereeritud animatsioonidest:

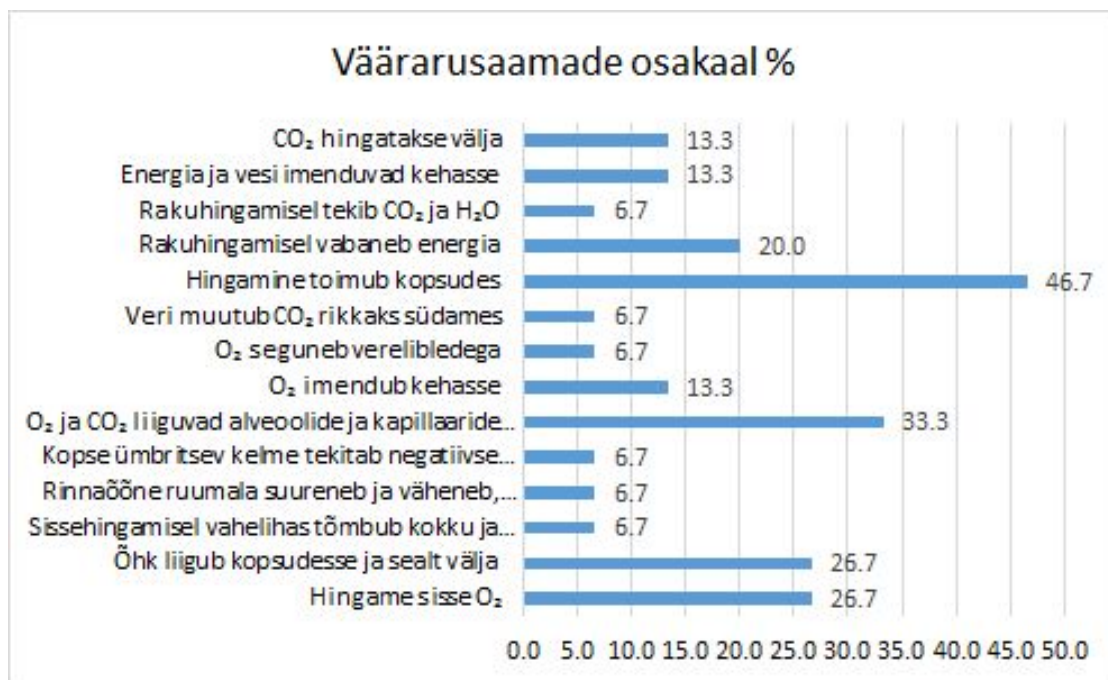
Näide 1: *"Hingamisteed algavad ninaõõnega, kus sissehingatav hapnikurikas õhk soojeneb. Sealt edasi liigub õhk neelu, kõrisse, hingetorusse, kus õhk veelgi soojeneb. Läbi bronhide kopsudesse ning viimaks kopsudes asuvatesse alveoolidesse. Alveoole ümbritsevad verekapillaarid, tänu millele saab toimuda gaasivahetus. Kontsentratsioonide tõttu liigub hapnik verre ja süsihappegaas alveoolidesse. Nüüd vaatame lähemalt, kuidas inimene sisse ja välja hingab. Sissehingamisel vahelihas tõmbub kokku ning rinnaõõne ruumala suureneb. Väljahingamisel vahelihas lõtvub".*

Näide 2: *"Hingamistee algab ninaõõnega, mille ülesanne on õhu soojendamine, edasi liigub õhk kõrisse ning sealt edasi hingetorusse. siis hargneb kaheks kopsutoruks ehk bronhiks. Kopsudes hargnevad need veel omakorda paljudeks torukesteks, mis lõppevad alveoolidega. Alveoolides toimub gaasivahetus, kus süsihappegaas liigub verest alveoolidesse ning hapnik liigub verre. Hapnikurikas veri liigub edasi südamesse, kus süda pumpab selle edasi rakkudesse. Rakkudes toimub hapniku toimele glükoosi lõhustumine, mille käigus vabaneb energia. Välja hingame me alveoolidest CO₂ rikastunud õhku".*

Animatsioonide analüüsimisel ilmnenu väärarusaamad on esitatud lisa 9. Joonisel 8 on esitatud ilmnenu väärarusaamade osakaal %-des.

Kõige sagedasem väärarusaam oli 46,7%-ga seitsmel korral esinev: hingamine toimub kopsudes, kus ei oldud raku hingamist üldse kirjeldatud. Teisena (33,3%) esines viies videos väärarusaam, et gaasivahetuse käigus hapnik ja süsihappegaas liiguvad lihtsalt alveoolide ja kapillaaride vahel. Näide: “Alveoolides toimub gaasivahetus, kus süsihappegaas liigub verest alveoolidesse ning hapnik liigub verre.” ja “Siin näete gaasivahetust alveoolides. Süsihappegaas liigub verest alveoolidesse. Hapnik liigub alveoolidest verre”. Puudu on põhjendus erinevate kontsentratsioonide kohta alveoolide ja kapillaaride vahel, selgitamaks, et hapnik ja süsihappegaas ei liigu seal lihtsalt niisama.

Neljal korral esinesid väärarusaamad: hingame sisse hapniku; õhk liigub kopsudesse ja sealt välja. Tegelikult hingame me sisse hapnikurikast õhku ning õhk ei liigu lihtsalt kopsudesse ja sealt välja. Õhu liikumist põhjustab rindkere mahu muutus ja sellega kaasnev rõhkude erinevus, tänu millele õhk tõmmatakse kopsudesse või surutakse sealt välja.



Jooni 8. *Slowmatsioni* animatsioonides esinevate väärarusaamade osakaalu %

Kolmel korral, ehk 20% animatsioonidest, esines väärarusaam - raku hingamisel vabaneb energia. Puudu oli, et tekib ka vesi ja süsihappegaas. 13,3% juhtudel esinesid animatsioonides järgnevad väärarusaamad: süsihappegaas hingatakse välja; energia ja vesi imenduvad kehasse; hapnik imendub kehasse. Näiteks väärarusaama - hapnik imendub kehasse puhul, olnuks õige kirjeldada, kuidas hapnik alveoolidest kontsentratsioonide erinevuse tõttu kapillaaridesse liigub ja sealt punaste verelibledega rakkudesse kantakse.

Ühel korral (6,7%) esinesid animatsioonides järgnevad väärarusaamad: raku hingamisel tekib süsihappegaas ja vesi; veri muutub süsihappegaasirikkaks südames; hapnik seguneb verelibledega; kopsu ümbritsev kelm tekitab negatiivse rõhu; rinnaõõne ruumala suureneb ja väheneb, sest õhk liigub kopsudesse ja sealt välja: sissehingamisel vahelihased tõmbuvad kokku ja rinnaõõne ruumala suureneb.

Näiteks väärarusaam: *“Südamest tuleb kopsudesse hapnikuvaene süsihapperikas veri.”*, jätab mulje, et süda toodab süsihappegaasi ja on hingamiselsundkonna osa. Tegelikult tekib süsihappegaas raku hingamise käigus rakkudes. Või siis näiteks: *“Õhk jõuab kopsudesse ja kopsude ruumala suureneb, toimub gaasivahetus. hingatakse välja ja kopsude ruumala väheneb”*, millest jääb mulje, et sisse- ja väljahingatav õhk on põhjuseks, miks rinnaõõne ruumala suureneb ja väheneb.

4. Arutelu ja järeldused

Käesolevas magistritöös uuriti 9. klassi õpilaste väärarusaamu hingamisel toimuvatest protsessidest, kasutades õpilaste poolt hingamisprotsesside animeerimist *slowmationi* meetodiga. Lähtuvalt töö eesmärgist püstitati kaks uurimisküsimust.

Töö esimeseks uurimisküsimuseks oli hinnata, millisel määral suurenevad õpilaste teadmised ja uurimuslikud oskused peale hingamisprotsesside animeerimist *slowmatsioni* meetodiga. Selleks mõõdeti eel- ja järeltestiga seitset tunnust. Tulemustest selgus, et seitsmest tunnusest kuuel toimus õpilaste teadmistes statistiliselt usaldusväärne areng. Seega võib väita, et antud meetod sobib iseseisvaks õppimiseks ja toetab tekstist arusaamist. Antud tulemus on kooskõlas varasemate uuringutega, milles väidetakse et Slowmation sobib hästi koolitundi (Hoban & Ferry, 2006) ja arendab 21. sajandi olulisi oskusi (Karakoyun & Yapici, 2018; Atalay & Boyaci, 2019).

Tunnuseks, milles antud töös statistiliselt olulist muutust ei toimunud, oli “Leiab situatsioonist probleemi ja sõnastab selle mõistetaval kujul”. Põhjuseks võib siin olla, et õpilastel olid eeltestis head tulemused.

Teise uurimisküsimuse puhul selgus *slowmatsioni* animatsioonidest, et õpilased ei seosta omavahel hingamise erinevaid etappe, vaid esitlevad neid üksikult. Videode analüüsil leiti neliteist tüüpilist väärarusaama, mis esinesid 35 korral ja ühtegi animatsiooni ei olnud, kus poleks tuvastatud mõnda väärarusaama. Kõige enam esines kontseptuaalseid ja faktilisi väärarusaamu (Committee on Undergraduate Science Education, 1997).

Enamus animatsioone oli tehtud õpikus esitatud mudelite põhjal, seega on õpikul märkimisväärne roll väärarusaamade kujunemisel või nendest vabanemisel. Õpikute rolli väärarusaamade osas on oma töös käsitlenud Suprpto (2020) ja Tekkaya (2002), juhtides tähelepanu sellele, et õppematerjalid võivad olla eksitavad ja põhjustavad väärarusaamu. Õpikute sisu võib olla esitatud ebaselgelt ja mitmeti mõistetavalt. Samuti ei pruugi need olla kõikehõlmavad ega piisavate näidetega konkreetse kontseptsiooni mõistmiseks (Patil, Chavan & Khandagale, 2019). Antud tööst saab välja tuua ka näite selle kohta, kuidas õpiku tekst, mis pole kõikehõlmav, soodustab väärarusaama kujunemist õpilastel. Kasutusel olnud õpik (Avita, 2013), kus rakuhingamise mudeli allkirjaks on: “*Rakuhingamisel saadakse energiat*”,

tekitas väärarusaama ühe rühma animatsioonis väitega, et raku hingamise tulemusena moodustub glükoosist ainult energia.

Enamlevinud väärarusaamad antud töös olid: hingamine toimub kopsudes; süsihappegaas lihtsalt hingatakse välja; hapnik ja süsihappegaas liiguvad alveoolide ja kapillaaride vahel; süda on hingamiselundkonna osa; õhku lihtsalt hingatakse sisse ja välja. Samad väärarusaamad on leidnud märkimist varasemates uuringutes (Silva & Almeida, 2017; Tekkaya, 2020). Kui võrrelda testide tulemusi ja animatsioone, siis võib väita, et samad väärarusaamad esinesid ka testides, seega on oluline hingamisprotsessi õpetades pöörata tähelepanu küsimustele:

1. Miks liigub õhk kopsudesse ja kopsudest välja?
2. Miks toimub gaasivahetus alveoolide ja kapillaaride vahel ning kapillaaride ja rakkude vahel?
3. Millistest etappidest koosneb hingamisprotsess?
4. Miks me hingame?

Autori tööst võiks olla õpetajatele kasu, sest nii nagu on öelnud oma töös Etobro ja Banjoko (2017), enne väärarusaamade parandamist tuleb need välja selgitada.

Käesoleva uurimistöö piiranguks on väike valim ning usaldusväärsuse tõstmiseks oleks vaja teha lisauuring suurema valimiga. Kokkuvõtteks julgeb töö autor siiski järeldada, et *slowmatsioni* meetodi kasutamisel õppevahendina on võimalik suurendada õpilaste teadmisi ja uurimuslikke oskusi. Ainsaks puuduseks saab lugeda suurt ajakulu (Ekici & Ekici, 2014), mida meie õppekavades läbitava mahu juures väga võimaldatud ei ole.

Keerukamate protsesside puhul peaks õpetaja väärarusaamade vältimiseks, *slowmatsioni* esimeses etapis, ise õpilastele põhitõdesid selgitama, ning oodatava tulemuse saavutamiseks tuleks õpilastele koostada hindamiskriteeriumitega juhend. Töö autor alustava õpetajana ei teinud seda, arvates, et kui ta kõik ette ära räägib, siis tulevad tehtud animatsioonid sarnased. Samuti tahtis ta näha, milliseid väärarusaamu õpilaste animatsioonides iseseisva õppimise puhul esineb, et hiljem praktikas oskaks neile enam tähelepanu pöörata. Peale järelduste sooritamist vaadati õpilastega koos nende animatsioone ja selgitati neile sealseid puudusi. Samuti räägiti õpilastele, kuidas hingamiselundkond varustab keha hapnikuga. Esialgne plaan

oli teha seda enne järeltesti, paraku ei esitanud õpilased oma videosid õigeaegselt ja seetõttu tuli korrigeerida esialgset plaani ning teha järeltest varem.

Seega oleks huvitav läbi viia võrdlusuuring, mis COVID-19 tõttu antud magistritöös ära jäi. Selleks, et näha, kas õpetaja poolt edasi antud põhitõdede ja hindamiskriteeriumite põhjal on õpilaste teostatud animatsioonid hingamisel toimuvate protsesside ja sellele eelnevate ning järgnevate protsesside kohta terviklikud ning kas õpilaste teadmistes ja uurimuslikes oskustes toimuvad olulisemad muutused.

Seega võib teha järelduse, et antud töös toimus õpilaste teadmistes ja uurimuslikes oskustes usalduväärne areng ja *slowmatsioni* saab õpimetoodikana kasutada, kuna see toetab õpilaste iseseisvat õppimist ja tekstist arusaamist.

Kokkuvõte

Tänapäeva koolis on oluline lisaks ainesisu õpetamisele erinevate pädevuste arendamine. Tähtsal kohal on nii meeskonnatöö, kriitiline ja loov mõtlemine, kui ka suuline ja kirjalik väljendusoskus. Õpetajatelt ja õpilastelt oodatakse üha enam info- ja kommunikatsioonitehnoloogia kasutamist.

Käesoleval magistritööl oli kaks eesmärki:

- välja selgitada, kuidas mõjutab *slowmationi* rakendamine õppevahendina 9. klassi õpilaste teadmisi ja uurimuslikke oskusi hingamisel kaasnevate protsesside osas;
- välja selgitada, millised väärarusaamad ilmnevad õpilaste *slowmatsioni* animatsioonides.

Esimese eesmärgi täitmiseks koostati loodusteadusliku kirjaoskuse test, millega uuriti iga õpilase individuaalset arengut, võrreldes eel- ja järeltestist saadud andmeid. Teise eesmärgi täitmiseks koostati õpilastele *slowmationi* tööjuhendid.

Uuring viidi töö autori poolt läbi 2020. aasta veebruaris ja märtsis. Mugavusvalimisse kuulus ühe Tartu kooli kaks 9. klassi 51 õpilasega. Lõppvalimi moodustasid esimese uurimisküsimuse puhul 44 õpilast, kes olid täitnud nii eel- kui järeltesti.

Uuring viidi läbi kolmes etapis, milleks kulus viis ainetundi. Esimeses etapis täitsid õpilased eeltesti. Teises etapis tegid õpilased rühmatööna *slowmationi* animatsioone, selleks kulus neil kolm ainetundi. Kolmandas etapis täideti järeltest.

Magistritöö esimese uurimisküsimusega sooviti teada saada, millisel määral suurenevad õpilaste teadmised ja uurimuslikud oskused peale hingamisprotsesside animeerimist *slowmatsioni* meetodiga. Eel- ja järeltesti vastuseid statistiliselt analüüsides saadi tulemuseks, et õpilaste teadmistes ja uurimuslikes oskustes toimus peale hingamisprotsesside animeerimist *slowmatsioni* meetodiga usaldusväärne areng.

Teise uurimisküsimuse puhul sooviti teada, millised väärarusaamad hingamisprotsessidest ilmnevad *Slowmationi* meetodit kasutades. Õpilaste animatsioone uurides selgus, et põhiline oli oskamatus siduda hingamisel toimuvaid etappe ühtseks tervikuks, mistõttu ilmnes ka erinevaid väärarusaamu: hingamine toimub kopsudes, õhk liigub kopsudesse ja sealt välja, hingame sisse hapniku. Seega on *slowmatsioni* meetodi kasutamisel mitu eelist, sellega on

võimalik arendada erinevaid 21. sajandi pädevusi, kasutada ainesisu õppimisel õppevahendina ja identifitseerida väärarusaamu.

Kasutatud kirjandus:

Atalay, N. ja Boyaci, D. B. (2019). Slowmation Application in Development of Learning and Innovation Skills of Students in Science Course. *International Electronic Journal of Elementary Education*. Volume 11, Issue 5, 507-518

Chavan, R. L. ja Patankar, P. S. (2016). Constructivist Strategies for minimization of Science Misconceptions among School Students. *Aayushi International Interdisciplinary Research Journal* (AIIRJ) ISSN 2349-638x

Ekici, E. ja Ekici, F. (2014). Prospective Science Teachers' Self-Assessments about the Use of Slowmation Approach in Teaching. *European Journal of Social Sciences Education and Research*. [S.l.], v. 1, n. 1, p. 91-94, may 2014. ISSN 2312-8429. Available at: <http://journals.euser.org/index.php/ejsr/article/view/653> (19.04.2020).

Etobro, A. B. & Banjoko, S. O, (2017). Misconceptions of genetics concepts among pre-service teachers. *Global Journal Of Educational Research*, vol 16, lk 121-128.

Fančovičová, J. ja Prokop, P. (2019) Examining Secondary School Students' Misconceptions About The Human Body: Correlations Between The Methods Of Drawing And Open-Ended Questions. *Journal of Baltic Science Education*, Vol. 18, No. 4

Committee on Undergraduate Science Education. (2007). Misconceptions as Barriers to Understanding Science. National Academy Press: Washington, D.C. lk 27-32. <https://www.nap.edu/read/5287/chapter/5> (24.04.2020).

Haridus ja Teadusministeerium. (2014). Eesti elukestva õppe strateegia 2020 https://www.hm.ee/sites/default/files/strateegia2020.pdf?fbclid=IwAR1FOJ6YrSu0WOUep2_D9eyos0dQUpNZOB8jF9U5lWZw5wIRgsPOIkQH5is (02.05.2020).

Hoban, G. (2007). Using slowmation to engage preservice elementary teachers in understanding science content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 7(2), 75- 91.

Hoban, G. ja Ferry, B. (2006). Teaching science concepts in higher education classes with slow motion animation (slowmation). *World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare & Higher Education* (pp. 1641-1646). Chesapeake, VA, USA: Association for the Advancement of Computing in Education.

Hoban, G. ja Nielsen, W. (2010). The 5 Rs: A new teaching approach to encourage slowmations (studentgenerated animations) of science concepts. *Teaching Science*, 56 (3), 33-38.

Hoban, G. ja Nielsen, W. (2014). Creating a narrated stop-motion animation to explain science: The affordances of “Slowmation” for generating discussion. *Teaching and Teacher Education*, 42, 68-78.

Karakoyun, F. ja Yapici, Ü. (2018). Use of Slowmation in Biology Teaching. *International Education Studies*, v. 11, n. 10, 16-27.

Kokassar, U. (2013). Hingamiselundkond varustab keha hapnikuga. *Bioloogia 9.klassile, I osa*. Tallinn: Avita, lk 72-77.

Mills, R., Tomas, L., Whiteford, C., & Lewthwaite, B. (2018). Developing middle school students' interest in learning science and geology through slowmation. *Research in Science Education, Online(Online)*, pp. 1-20.

Murtonen, M., Nokkala, C. & Södervik, I. (2018). Challenges in Understanding Meiosis: Fostering Metaconceptual Awareness among University Biology Students.

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/314479/Murtonen_et_al._2018.docx.pdf?sequence=1 (03.05.2020)

Patil, S. J., Chavan, R. L. ja Khandagale, V. S. (2019). Identification of Misconceptions in Science: Tools, Techniques & Skills for Teachers. *Aarhat Multidisciplinary International Education Research Journal (AMIERJ)*, Volume 8, Issue 2, 466-472.

Pedaste, M. ja Sarapuu, T. (2016). Õpitulemuste hindamine bioloogias. http://oppekava.innove.ee/wp-content/uploads/sites/6/2016/09/%C3%95pitulemuste_hindamine_bioloogias.pdf (08.05.2020).

Põhikooli riiklik õppekava (PRÕK). (2011). Riigi Teataja I, 14.01.2011, 1. <https://www.riigiteataja.ee/akt/114022018008> (02.05.2020).

Rannikmäe, M. (2019). Toetades loodusteaduslikku kirjaoskust, kujundame mõistlikke ja vastutustundlikke kodanikke. *Õpetajate Leht*. nr 33, lk 8-9.

Silva, M. ja Almeida, A. (2017). Primary School Pupils Misconceptions of The Human Respiratory System in Primary School Students: From Identification to Deconstruction. https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Almeida16/publication/321149207_PRIMARY_SCHOOL_PUPILS'_MISCONCEPTIONS_OF_THE_HUMAN_RESPIRATORY_SYSTEM_IN_PRIMARY_SCHOOL_STUDENTS_FROM_IDENTIFICATION_TO_DECONSTRUCTION/links/5a10512a0f7e9bd1b2bfla3c/PRIMARY-SCHOOL-PUPILS-MISCONCEPTIONS-OF-THE-HUMAN-RESPIRATORY-SYSTEM-IN-PRIMARY-SCHOOL-STUDENTS-FROM-IDENTIFICATION-TO-DECONSTRUCTION.pdf (30.04.2020)

Suprpto, N. (2020). Do We Experience Misconceptions?: An Ontological Review of Misconceptions in Science. *Studies in Philosophy of Science and Education*, Vol.1, No.2, 50-55. <https://scie-journal.com/index.php/SiPoSE/article/view/24> (25.04.2020).

Tekkaya, C. (2002). Misconceptions as Barriers to Understanding Biology. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, lk 259-266.

Voolaid, H. ja Ganina, S. (2006). Väärarusaamad füüsikast. *Õpetajate Leht*. nr 10.

Yip, D. Y. (1998). Teachers' misconceptions of the circulatory system. *Journal of biological education* 32(3):207-215

Summary

Along with teaching subject knowledge enhancing different competences is significant in modern school. Teamwork, critical and creative thinking, as well as oral and written communication skills are very important. Teachers and students are expected to use more and more information and communication technologies.

The present master's thesis had two aims:

- to investigate how using slowmation as a teaching device with 9th grade students affects their knowledge and research skills about respiratory processes.
- to investigate which misconceptions occur in students' slowmation animations.

To achieve the first aim a test of life science literacy was compiled, to investigate each students' individual development comparing the data from pre- and posttest. To achieve the second aim slowmation instructions for students were compiled. The research was carried out by the author in February and March 2020. 51 9th grade students of one school in Tartu were in the convenience sample. The first research question formed a final sample of 44 students who had completed both pre- and posttest.

The research was carried out in three stages and it took 5 lessons. In the first stage students filled out a pretest. In the second stage the students made slowmation animations as groupwork and it took 3 lessons. In the third stage they filled out a posttest.

The aim of the first research question of this master's thesis was to investigate to what extent students knowledge and research skills develop after using slowmation animations to study respiratory processes. The analysis of statistical data from pre- and posttests showed that there was a plausible development in students knowledge and research skills after using animation with the slowmation method.

The aim of the second research question was to investigate what misconceptions occur while using the slowmation method. Examining students animations revealed that the main problem was that students did not understand that different stages of respiration constitute a whole, which led to different misconceptions: respiration happens in the lungs, air moves into and out of lungs, we breathe in oxygen. Therefore slowmation method has many advantages, it

enables developing different competences of the 21st century, it can be used as a teaching device and it helps identify misconceptions.

Lisad

Lisa 1. Test (kasutatud nii eel- kui järeltestina)

Lisa 2. Tööjuhend video tegemiseks

Lisa 3. Tööjuhendi lisaleht 1. Kava (õpilaste täidetud kavad)

Lisa 4. Tööjuhendi lisaleht 2. Juhend Wondershare Filmora 9 kasutamiseks

Lisa 5. Õpilased *slowmatsioni* animatsiooni jaoks pildiseeriat pildistamas

Lisa 6. Testi komponendid ja hinnatavad tunnused

Lisa 7. Õpilaste eel- ja järeltesti kodeeritud vastused (N=44)

Lisa 8. Õpilaste eel- ja järeltesti ainealaste ja uurimuslike küsimuste keskmised tulemused

Lisa 9. *Slowmatsioni* animatsioonides esinevad väärarusaamad

Lisa 1. Test (kasutatud nii eel- kui järeltestina)

MIKS ME HINGAME JA KUIDAS JÕUAB HAPNIK RAKKUESSE?

Nimi:.....

Klass:.....

Tõnu ja Jaak on 16-aastased kaksikud. Nad on äravahetamiseni sarnased. Jaak veedab oma vaba aja arvutiga töötades, Tõnu ujumistrennis käies. Arsti juures mõõdeti poiste kopsumahtu, näitajad olid 4100 cm^3 ja 3000 cm^3 . Poisid olid tulemustest üllatunud.

Sõnasta etteantud teksti põhjal probleem (probleem on lahendust nõudev küsimus) (1,0p)

.....

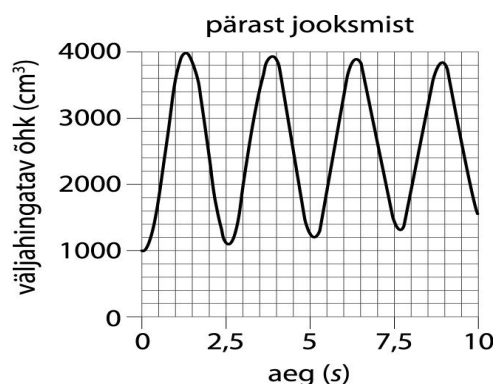
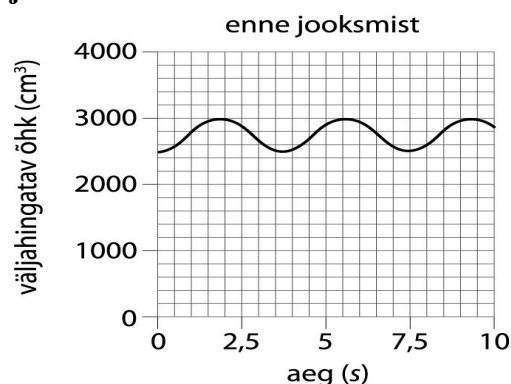
Kellel poistest oli kopsumaht 4100 cm^3 ? (0,5p)

Peale arsti juures käimist otsustasid poisid hakata õhtuti koos jooksmas käima. Kahjuks ei suutnud Jaak aga Tõnuga sammu pidada, ta hakkas hingeldama ega jaksanud enam joosta.

Kasutades loodusteaduslikke teadmisi põhjenda, miks hakkas Jaak hingeldama? (1,0p)

.....

Graafikutel on kujutatud ühe poisi väljahingatava õhu hulga muutusi enne ja pärast jooksmist.



Kui suur on õhu hulk ühel väljahingamisel enne jooksmist? (0,5p)

.....

Tee graafiku alusel kaks järeldust, millist mõju avaldab füüsiline koormus hingamisele. (1,0p)

.....

Milline uurimisküsimus sobiks kokku antud mõõtmistulemustega? Vali õige vastus (0,5p)

- a) Enne jooksmist on hingamissagedus väiksem.
- b) Peale jooksmist on hingamissagedus suurem.
- c) Miks jooksmine mõjutab hingamissagedust?
- d) Millist mõju avaldab jooksmine hingamissagedusele?
- e) Kuidas tuleks mõõta hingamissagedust?

Mis põhjustab jooksmisel hingamissageduse muutumise? (1,5p)

- a) veres sisalduv glükoosi kogus
- b) veres sisalduv süsihappegaasi kogus
- c) veres sisalduv hapniku kogus

Selgita oma valiku põhjust

.....

.....

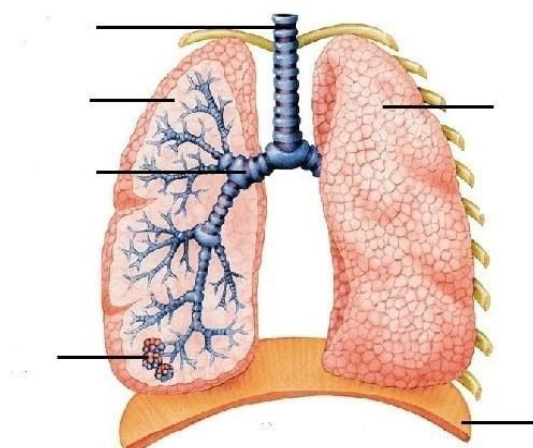
.....

.....

Tõnu ja Jaak jõudsid järeldusele, kui oluline on teada hingamiselundkonna ehitust, selleks, et mõista, kuidas hapnik jõuab organismi.

Lisa joonisele hingamiselundkonna osad: *kõri*, *hingetoru*, *alveoolid*, *parem kops*, *vasak kops*, *kopsutorud*, *neel*, *vahelihas*. Puuduvad hingamiselundkonna osad joonista juurde.

(4,0p)



Kelle kopsud on kujutatud joonisel?

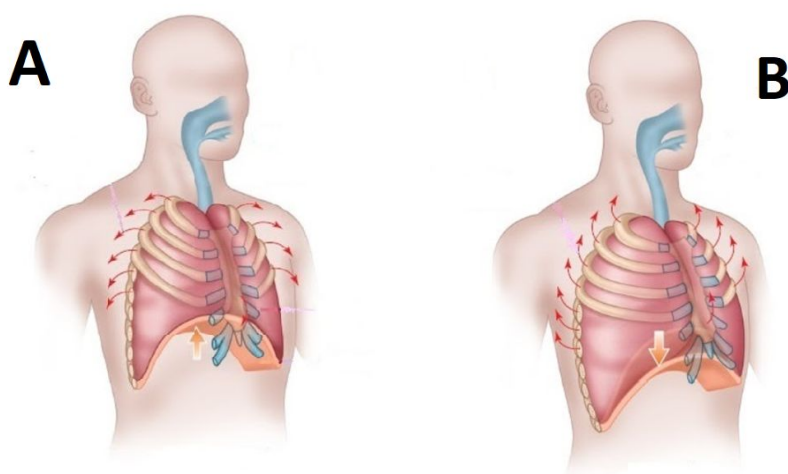
(0,5p)

- a) kahepaikse,
- b) roomaja,
- c) kala,
- d) imetaja,
- e) linnu

Hingates kopsude maht suureneb ja väheneb vaheldumisi.

(6,0p)

Selgita allolevate mudelite abil, kummal juhul on tegu sisse- või väljahingamisega ja millised väited kehtivad sissehingamise (S), millised väljahingamise (V) kohta.



Mudel A puhul on tegu.....

Mudel B puhul on tegu.....

Roided liiguvad väljapoole.....

Vahelihas tõmbub kokku.....

Rinnaõõne ruumala suureneb.....

Õhk surutakse kopsudest välja.....

Roietevahelised lihased lõtvuvad.....

Vahelihas lõtvub.....

Rinnaõõne ruumala väheneb.....

Õhk tõmmatakse kopsudesse.....

Roietevahelised lihased tõmbuvad kokku.....

Roided liiguvad sisepoole.....

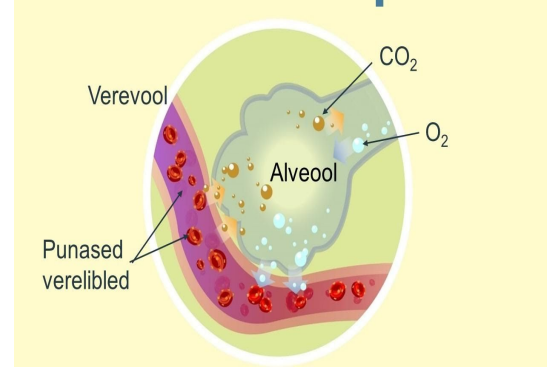
Kirjuta järjekorras kõik elundid, mida õhk läbib sissehingamisel.

(1,0p)

.....
.....

Sisse- ja väljahingamise ajal toimub gaasivahetus kopsudes. Millised väited iseloomustavad joonisel toimuvat protsessi? Vali õiged vastusevariandid

(2,0p)



a) gaasivahetus alveoolide ja kapillaaride vahel toimub osmoosi teel

b) joonisel on kujutatud gaasivahetust kopsudes

c) hapnik liigub alveoolidest kapillaaridesse

d) süsihappegaas liigub alveoolidest kapillaaridesse

e) joonisel on kujutatud rakuhingamist

f) gaasivahetus alveoolide ja kapillaaride vahel toimub difusiooni teel

g) hapniku transport kapillaarides toimub punalibledega

Sisse- ja väljahingamisest ning gaasivahetusest kopsudes ei piisa, et joosta või teha ükskõik, millist füüsilist tööd. On vaja, et hapnik jõuaks rakkudesse, kus toimub rakuhingamine.

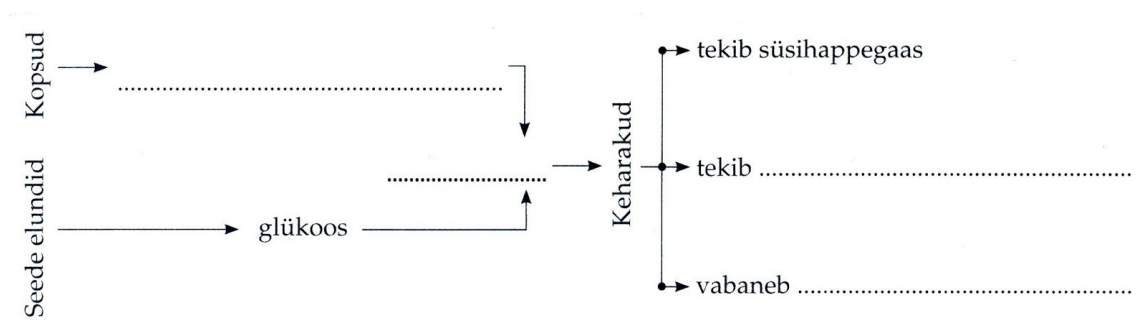
Millistes rakuorganellides toimub rakuhingamine? Vali õige vastusevariant. (0,5p)

- a) ribosoomides
- b) rakutuumas
- c) mitokondrites
- d) tsütoplasmas

Kuidas toimub rakuhingamine? Vali õige vastusevariant. (0,5p)

- a) Glükoos laguneb hapniku abil veeks ja süsihappegaasiks ning vabaneb energia.
- b) Glükoos laguneb hapniku abil veeks ja süsihappegaasiks ning neeldub energia
- c) Süsihappegaasist ja veest sünteesitakse glükoos ja vabaneb hapnik
- d) Süsihappegaasi toimel lagundatakse glükoosi ja vabaneb energia.
- e) Glükoos laguneb elusates rakkudes veeks ja süsihappegaasiks

Täienda rakuhingamise skeemi. (2,0p)

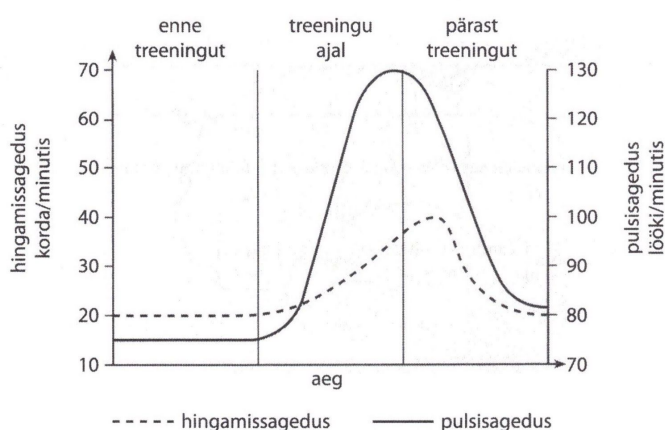


Järelda skeemi põhjal, miks on inimesele vaja hapnikku? (1,0p)

Kuidas on hingamiselundkond ja vereringe omavahel seotud?

(1,0p)

Kui selgus, et hingamiselundkond ja vereringe on omavahel seotud, otsustasid poisid uurida, kuidas muutub hingamissagedus ja pulsilööke arv treeningu ajal. Poiste mõõtmiste keskmised tulemused on esitatud graafikul.



Joonis. Õpilaste hingamissagedus ja pulsisagedus enne treeningut, selle ajal ja pärast.

Graafiku põhjal täitke tabel hingamissageduse arvu muutuste kohta.

(1,5p)

	Enne treeningut	Treeningu lõpus	Pärast treeningut
Hingamissagedus			
Pulsilööke arv	75	130	82

Kuidas on omavahel seotud hingamissagedus ja pulsilööke arv treeningu ajal?

Vali õiged vastusevariandid graafiku põhjal:

(1,5p)

- a) Treeningu ajal pulsilööke arv ja hingamissagedus kasvavad
- b) Treening mõjutab pulsilööke arv kasvu kaks korda enam kui hingamissageduse kasvu
- c) Hingamissagedus kasvab treeningu algul kiiremini kui pulsilööke arv
- d) Treeningu lõppedes hingamissagedus kasvab veelgi, pulsilööke arv aga hakkab vähenema

- e) Treening mõjutab hingamissageduse kasvu kaks korda enam kui pulsi löökide arvu kasvu.
- f) Treeningu ajal pulsilöökide arv suureneb ja hingamissagedus väheneb.

Miks hapnikuvajadus treeningu ajal suureneb?

(1,0p)

.....

.....

.....

Mõõtmiste ja katsete käigus kasvas poiste uudishimu. Kas ja kuidas on üldse võimalik tõestada, et inimene hingates kasutab ära õhus olevat hapnikku?

(3,0p)

Planeeri katse, millega saad tõestada, et hingamise käigus väheneb õhus hapniku hulk ja suureneb süsihappegaasi hulk. Vali õiged katsevahendid. Sul on kasutada kilekotid, katseklaasid, andmekoguja, mõõdulint, hapnikuandur ja süsihappegaasi andur, temperatuuri andur.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Katse lõpus, küsis Jaak Tõnult huvitav, kes veel peale inimese hingavad ja kasutavad elutegevuseks hapnikku?

Vali õiged vastusevariandid

(1,5p)

- a) loomad
- b) taimed
- c) seened
- d) viirused
- e) anaeroobsed bakterid

Oma uurimise tulemuste põhjal leidsid poisid, et hingamine polegi nii lihtne kui esialgu paistab.

Tee ka sina järeldus, miks me hingame?

(1,0p)

.....

.....

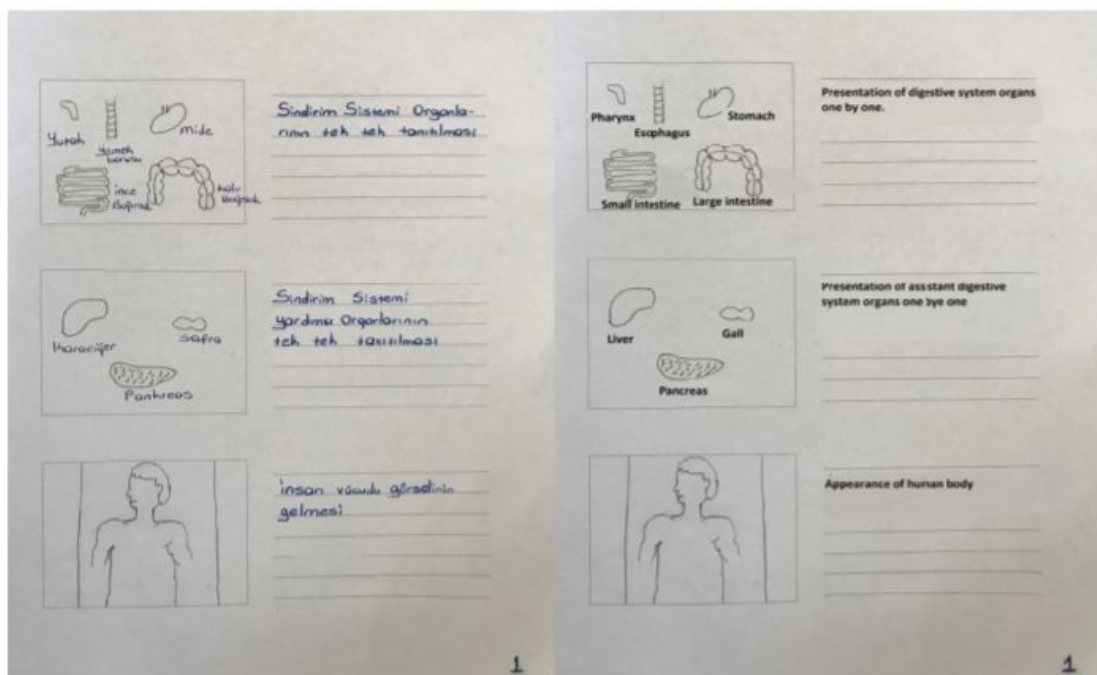
.....

Kokku on võimalik saada **34,0 punkti**

90–100%	→ hinne “5”	30,5 - 34,0 punkti
75–89%	→ hinne “4”	25,5 - 30,0 punkti
50–74%	→ hinne “3”	17,0 - 25,0 punkti
20–49%	→ hinne “2”	7,0 - 16,5 punkti
0–19%	→ hinne “1”	0,0 - 6,5 punkti

Hingamiselundkond varustab keha hapnikuga

- Náidis:



5. Kui kava on valmis, saab alustada pildistamisega. Valige enne pildistamist kaamerale kõige väiksem pildi formaat (pikslite arv). Pildistage oma kava järgi pildid järjekorras üles. Liigutage mudeleid iga foto kohta umbes 1 cm korraga. 30-sekundiline aeglustus (video) vajab umbes 50 fotot.
NB! Soovitatav on kasutada statiivi, et kõik pildid oleksid ühel kõrgusel tehtud, siis ei hakka pilt videos hüppama (ei muutu suuremaks ja väiksemaks) - on stabiilne. Või pildistab üks inimene ühel kõrgusel.
6. Transportige pildid fotoaparaadist arvutisse. Vaadake need üle, kui tahte kuskile midagi juurde lisada - mõnda kirja, seletust, siis on võimalus see nt *Paint*-programmis teostada.
7. Avaga arvutis *Wondershare Filmora 9* (vajadusel tõmmake endale vastav programm). Siin saate arvutist oma pildid alla laadida ja peale lugeda teksti toimuva kohta. Vaata ka [Lisaleht 2.- Juhend Wondershare Filmora 9 kasutamiseks](#)
8. Kui video on valmis, laadige see endale arvutisse, et see teil alles püsiks.
9. **Video laadimine ühiskausta:** [ÜHISKAUST](#) valige UUS ja Faili üleslaadimine (valige arvutist oma video) või saata oma õpetaja mailile ja hedyke9@gmail.com
10. Valminud tööde vaatamine kokkulepitud kuupäeval.

Lisa 3. Tööjuhendi lisalet 1. Kava. (õpilaste täidetud kavad)

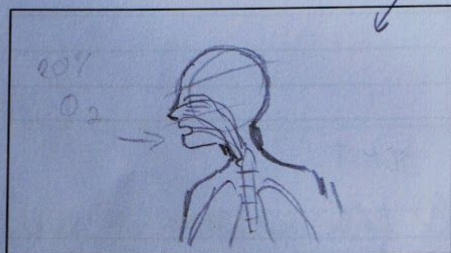
Lisalet 1. KAVA

Nimed...

Klass... 9. B

mis siis kui see kõik on tumedal taustal

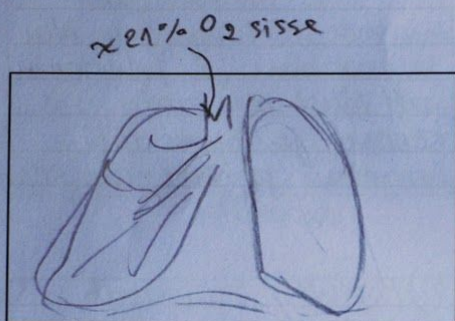
①



- gaasid mis sisse hingatakse

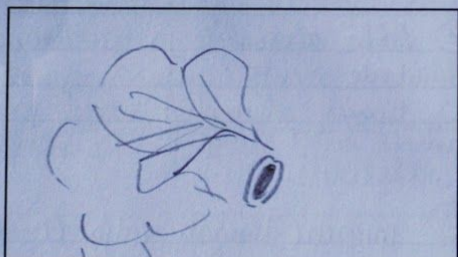
- (vahelihase + kopsude hingamistsükkel?)

②



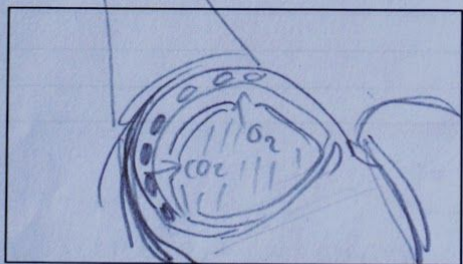
kuudas gaas liigub kopsudes ringi

③



kuudas alveoolides veri ja gaas ringi liiguvad

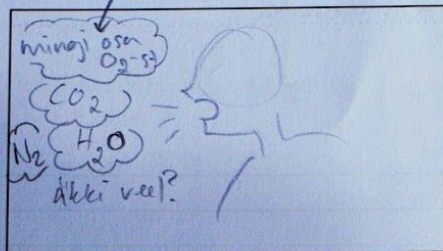
④



diffusioon

BONUS:
16% välja

5



mis gaasid me välja
hingame

TEKST

① Läbi ninaõõne või suu
saab õhk kehasse. Seal
toimub sissehingataava õhu
soojendamine ja puhastamine.
Sealt läheb õhk neel, siis
kõrisesse, ja lõpuks läbi
hingetoru ja bronhide kop-
sudesse

2,3) Kopsudes harunevad
bronhid paljudeks väiksemateks
torudeks, ehk alveoolideks,
kus toimub gaasivahetus

④ Läbi alveoolide ja kapillaaride
õhukeste seinte liiguvad gaasid
O₂ liigub alveoolist verre ja
samal ajal liigub CO₂ verest
alveooli.

⑤ inimene hingab välja CO₂-te,

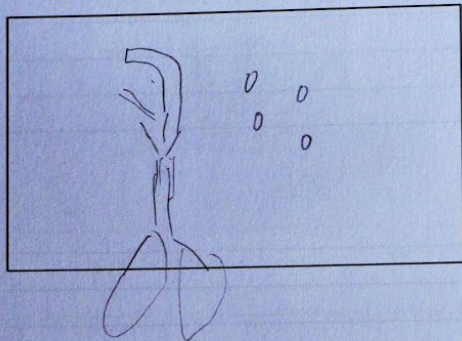
ops titles

✓õiks raku hingamis p
ka teha!!

Lisaleht 1. KAVA

Nimed

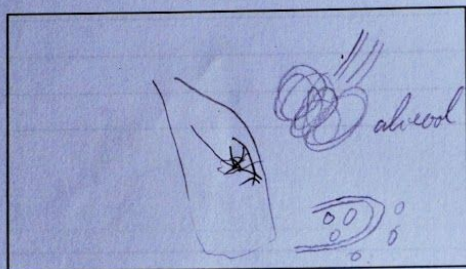
Klass. 9a



Õhu liikumine ke

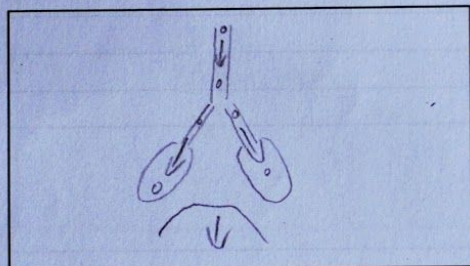
joonistame hingamiselundkonda

Õhk liigub kopsu kätte neelu, kõri, hingetoru, bronhide



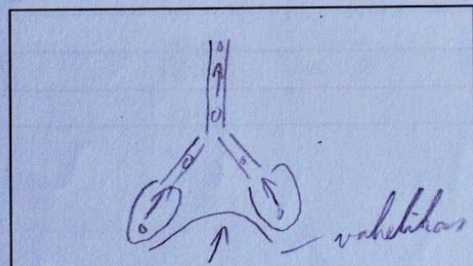
Misses hingamine täpselt toimub?

Muskulid



Sissehingamine

2 õhupalli, 2 köst, plastiliiniga vahetihats toimub kokku



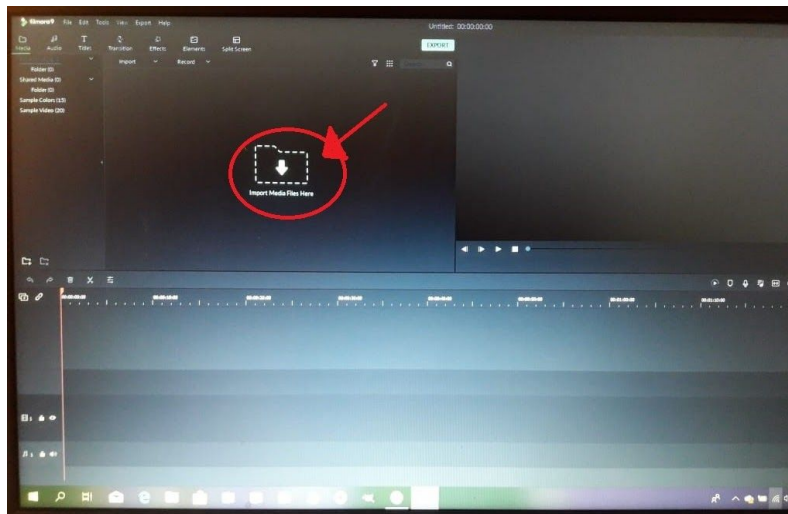
väljahingamine

vahetihats lõheneb

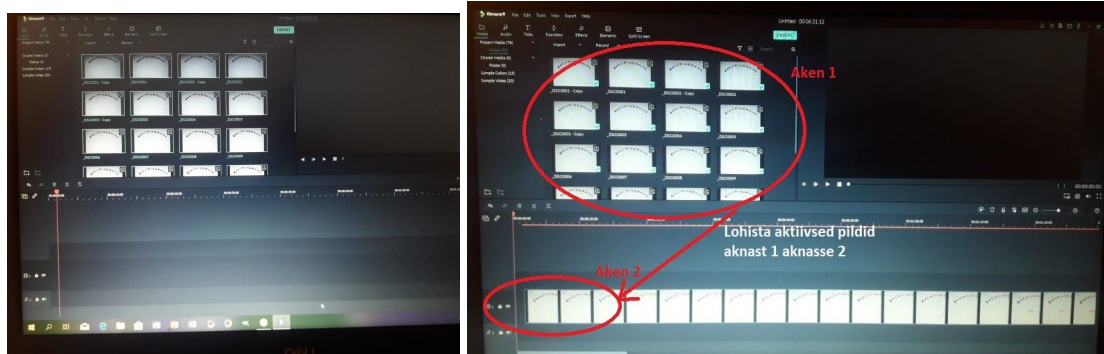
Lisa 4. Tööjuhendi lisaleht 2. Juhend Wondershare Filmora 9 kasutamiseks

Lisaleht 2. Juhend Wondershare Filmora 9 kasutamiseks

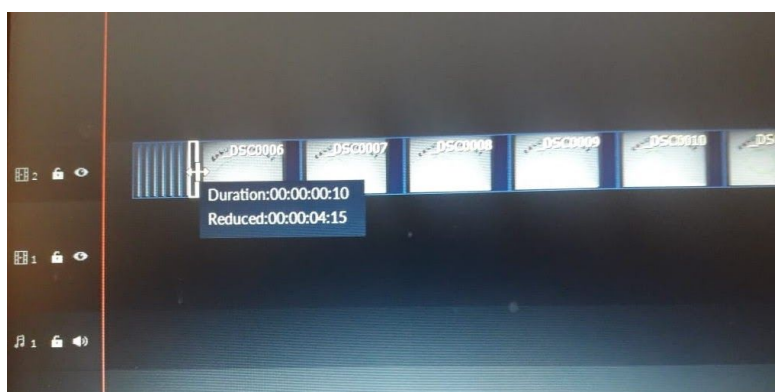
1. Avaga arvutist programm *Wondershare Filmora 9*
2. Valige *Import Media Files Here* ja laadige pildid arvutist *Filmora 9* programmi



3. Tehke pildid aknas 1 aktiivseks ja lohistage hiirega aknasse 2

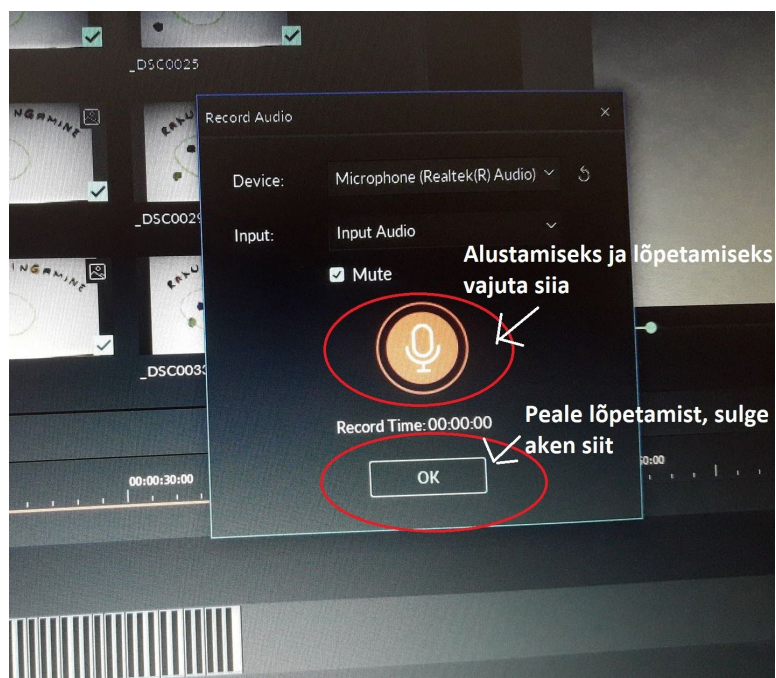
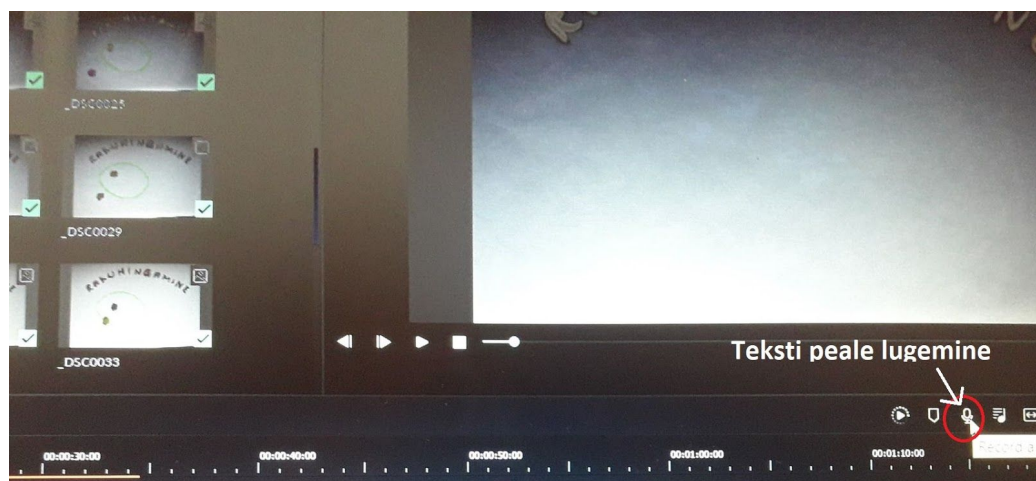


4. Tehke iga pildi kaader hiirega peale klikates ja tagumisest servast lohistades ajaliselt väiksemaks



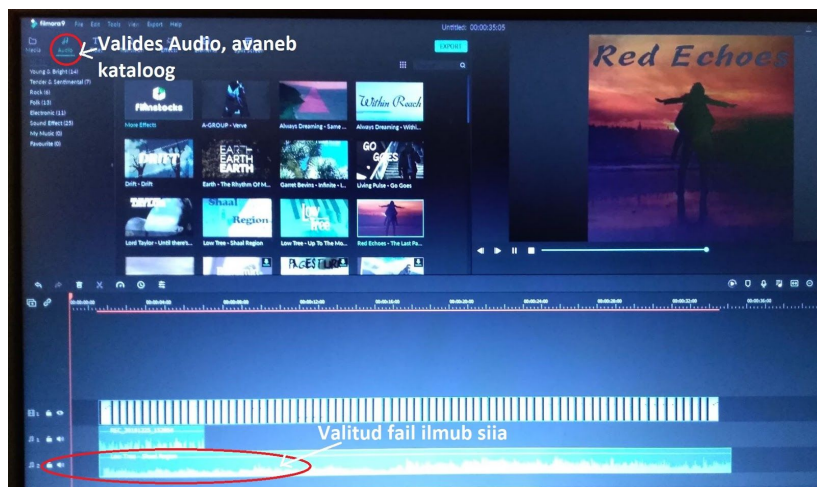
5. Lugege oma tekst piltidele peale, selleks valige *Record a Voiseover*. Avaneb uus aken, kus tuleb vajutada *Recorder*' nuppu, lõpetades OK.

Tekst on teil kava kõrval eelnevalt valmis kirjutatud, siis on lihtsam seda peale lugeda.

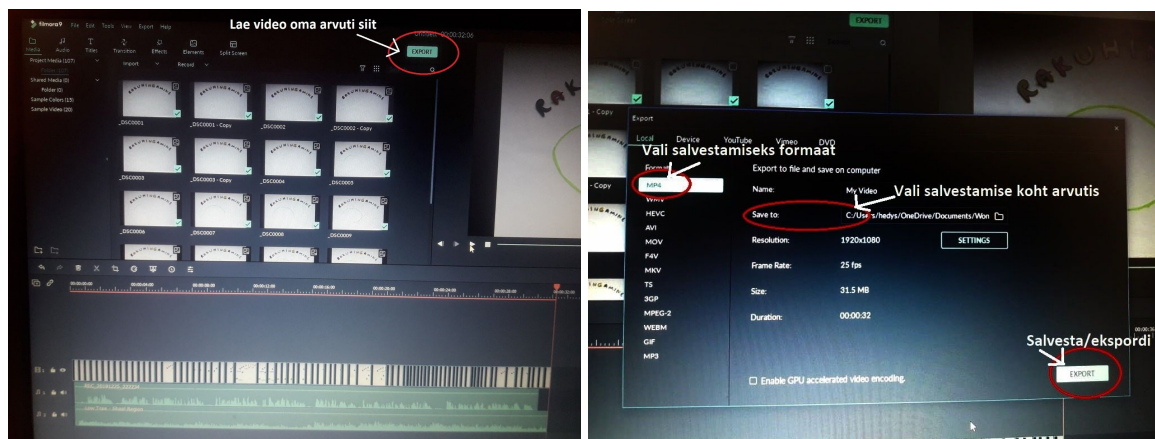


6. Kui nüüd suures aknas oma videot vaatad ja kuuled, kuidas tekst sellele peale jookseb, saad vajadusel teha parandusi. Tekst ja video peavad ajaliselt kokku sobima. Selleks saad vajalike piltide aega suuremaks või väiksemaks venitada (samuti nagu sa juhise 4. punkti pilte enne väiksemaks venitasid), kuni nad tekstiga ilusti kokku sobivad. NB! Pilte on kergem kohandada jutustusega, mitte vastupidi.

7. Oma videole saab lisaks enda häälele soovi korral ka tasase taustaheli lisada. Selleks vali ülevalt *Audio* ja omale sobiva/meeldiva loo peal vajuta + märki.



8. Kui sulle tundub kõik ideaalne, siis salvesta oma video arvutisse. Vali *EXPORT*, avaneb uus aken, sealt vali MP4 või MKV vorming ja uuesti *EXPORT*. Salvesta video enda kausta või desktopile.



Tasuta Wondershare Filmora 9 allalaadimine:

https://filmora.wondershare.net/filmora-video-editor.html?gclid=Cj0KCQiAovfvBRCRARIsADEmbRJZ20-lhR8dTMVqPDjse3zlCZl8XDFysg89gHW--ow1G5TUY7UgKF4aAkC6EALw_wcB

Õpetus youtubes:

<https://www.youtube.com/watch?v=gQ3pv5U8toc&list=PLMbbYJU6QX0lPGIL8Ur1QaAppaq4qY05-&index=3>

Lisa 5. Õpilased *slowmatsioni* animatsiooni jaoks pildiseeriat pildistamas.



Lisa 6. Testi komponendid ja hinnatavad tunnused.

Hinnatav komponent - loodusteaduslik ainesisu		
Küsimus		Tunnus
A1	Kellel poistest oli kopsumaht 4100cm ³ ?	Selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid.
A2	Kasutades loodusteaduslikke teadmisi põhjenda, miks hakkas Jaak hingeldama?	Selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid
A3	Mis põhjustab jooksmisel hingamissageduse muutumise? a) veres sisalduv glükoosi kogus b) veres sisalduv süsihappegaasi kogus c) veres sisalduv hapniku kogus Selgita oma valiku põhjust	Selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid
A4	Lisa joonisele hingamiselundkonna osad: <i>kõri, hingetoru, alveoolid, parem kops, vasak kops, kopsutorud, neel, vahelihas</i> . Puuduvad hingamiselundkonna osad joonista juurde.	Kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid või jooniseid.
A5	Kelle kopsud on kujutatud joonisel? a) kahepaikse, b) roomaja, c) kala, d) imetaja, e) linnu	Kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid või jooniseid.
A6	Selgita allolevate mudelite abil, kummal juhul on tegu sisse- või väljahinagamisega ja millised väited kehtivad sissehingamise (S), millised väljahingamise (V) kohta.	Kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid või jooniseid.
A7	Kirjuta järjekorras kõik elundid, mida õhk läbib sissehingamisel.	Selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid
A8	Millised väited iseloomustavad joonisel toimuvat protsessi? Vali õiged vastusevariandid a) gaasivahetus alveoolide ja kapillaaride vahel toimub osmoosi	Kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid või jooniseid.

	teel b) joonisel on kujutatud gaasivahetust kopsudes c) hapnik liigub alveoolidest kapillaaridesse d) süsihappegaas liigub alveoolidest kapillaaridesse e) joonisel on kujutatud raku hingamist f) gaasivahetus alveoolide ja kapillaaride vahel toimub difusiooni teel g) hapniku transport kapillaarides toimub punalibledega	
A9	Millistes rakuorganellides toimub raku hingamine? Vali õige vastusevariant. a) ribosoomides b) rakutuumas c) mitokondrite d) tsütoplasmas	Selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid
A10	Kuidas toimub raku hingamine? Vali õige vastusevariant. a) Glükoos laguneb hapniku abil veeks ja süsihappegaasiks ning vabaneb energia. b) Glükoos laguneb hapniku abil veeks ja süsihappegaasiks ning neeldub energia c) Süsihappegaasist ja veest sünteesitakse glükoos ja vabaneb hapnik d) Süsihappegaasi toimetel lagundatakse glükoosi ja vabaneb energia. e) Glükoos laguneb elusates rakkudes veeks ja süsihappegaasiks	Selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid
A11	Täienda raku hingamise skeemi.	Kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid või jooniseid.
A12	Järelda skeemi põhjal. Miks on inimesele vaja hapnikku?	Kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid või jooniseid.

A13	Kuidas on hingamiselundkond ja vereringe omavahel seotud?	Kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid või jooniseid.
A14	Miks hapnikuvajadus treeningu ajal suureneb?	Selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid
A15	Kes veel peale inimese hingavad ja kasutavad elutegevuseks hapnikku? Vali õiged vastusevariandid a) loomad b) taimed c) seened d) viirused e) anaeroobsed bakterid	Kasutab korrektselt mõisteid, sümboleid ning ühikuid.
A16	Tee ka sina järeldus, miks me hingame?	Kasutab korrektselt mõisteid, sümboleid ning ühikuid.
Hinnatav komponent - uurimuslikud oskused		
Küsimus		Tunnus
U1	Sõnasta etteantud teksti põhjal probleem (probleem on lahendust nõudev küsimus)	Leiab situatsioonist probleemi ja sõnastab selle mõistetaval kujul.
U2	Kui suur on õhu hulk ühel väljahingamisel enne jooksmist?	Analüüsib ja tõlgendab andmeid ning teeb asjakohaseid järeldusi.
U3	Tee graafiku alusel kaks järeldust, millist mõju avaldab füüsiline koormus hingamisele	Analüüsib ja tõlgendab andmeid ning teeb asjakohaseid järeldusi.
U4	Milline uurimisküsimus sobiks kokku antud mõõtmistulemustega? Vali õige vastus a) Enne jooksmist on hingamissagedus väiksem. b) Peale jooksmist on hingamissagedus suurem. c) Miks jooksmine mõjutab hingamissagedust? d) Millist mõju avaldab jooksmine hingamissagedusele? e) Kuidas tuleks mõõta hingamissagedust?	Sõnastab uurimisküsimuse ja/või hüpoteesi.

U5	Graafiku põhjal täitke tabel hingamissageduse arvu muutuste kohta.	Analüüsib ja tõlgendab andmeid ning teeb asjakohaseid järeldusi.
U6	<p>Kuidas on omavahel seotud hingamissagedus ja pulsilöökide arv treeningu ajal? Vali õiged vastusevariandid graafiku põhjal:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Treeningu ajal pulsilöökide arv ja hingamissagedus kasvavad b) Treening mõjutab pulsilöökide arvu kasvu kaks korda enam kui hingamissageduse kasvu c) Hingamissagedus kasvab treeningu algul kiiremini kui pulsilöökide arv d) Treeningu lõppedes hingamissagedus kasvab veelgi, pulsilöökide arv aga hakkab vähenema e) Treening mõjutab hingamissageduse kasvu kaks korda enam kui pulsi löökide arvu kasvu. f) Treeningu ajal pulsilöökide arv suureneb ja hingamissagedus väheneb. 	Analüüsib ja tõlgendab andmeid ning teeb asjakohaseid järeldusi.
U7	Planeeri katse, millega saad tõestada, et hingamise käigus väheneb õhus hapniku hulk ja suureneb süsihappegaasi hulk. Vali õiged katsevahendid. Sul on kasutada kilekotid, katseklaasid. andmekoguja, mõõdulint, hapnikuandur ja süsihappegaasi andur, temperatuuri andur.	Kavandab katse ning valib sobivad vahendid.

Lisa 7. Õpilaste eel- ja järeltesti kodeeritud vastused (N=44).

Küsi mus e nr	Õigete vastuste arv ja %				Osaliselt õigete vastuste arv ja %				Puudulike vastuste arv ja %			
	Eel- test	%	Jär- elte st	%	Eel- test	%	Järel test	%	Eel- test	%	Järel test	%
A1	44	100.0	43	97.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	2.3
A2	15	34.1	27	61.4	23	52.3	15	34.1	6	13.6	2	4.5
A3	6	13.6	14	31.8	8	18.2	4	9.1	30	68.2	26	59.1
A4	30	68.2	36	81.8	13	29.5	8	18.2	1	2.3	0	0.0
A5	44	100.0	43	97.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	2.3
A6	1	2.3	10	22.7	41	93.2	31	70.5	2	4.5	3	6.8
A7	42	95.5	39	88.6	1	2.3	3	6.8	1	2.3	2	4.5
A8	4	9.1	17	38.6	23	52.3	15	34.1	17	38.6	12	27.3
A9	21	47.7	29	65.9	0	0.0	0	0.0	23	52.3	15	34.1
A10	37	84.1	42	95.5	0	0.0	0	0.0	7	15.9	2	4.5
A11	25	56.8	30	68.2	16	36.4	12	27.3	3	6.8	2	4.5
A12	17	38.6	20	45.5	21	47.7	21	47.7	6	13.6	3	6.8
A13	28	63.6	34	77.3	9	20.5	5	11.4	7	15.9	5	11.4
A14	23	52.3	31	70.5	12	27.3	7	15.9	9	20.5	6	13.6
A15	9	20.5	17	38.6	27	61.4	22	50.0	8	18.2	5	11.4
A16	10	22.7	18	40.9	27	61.4	25	56.8	7	15.9	1	2.3
U1	33	75.0	26	59.1	5	11.4	16	36.4	6	13.6	2	4.5
U2	16	36.4	20	45.5	0	0.0	0	0.0	28	63.6	24	54.5
U3	21	47.7	28	63.6	15	34.1	12	27.3	8	18.2	4	9.1
U4	39	88.6	41	93.2	0	0.0	0	0.0	5	11.4	3	6.8
U5	30	68.2	36	81.8	4	9.1	8	18.2	10	22.7	0	0.0

U6	26	59.1	28	63.6	14	31.8	14	31.8	4	9.1	2	4.5
U7	0	0.0	1	2.3	8	18.2	18	40.9	36	81.8	26	59.1

Lisa 8. Õpilaste eel- ja järeltesti ainealaste ja uurimuslike küsimuste keskmised tulemused.

Küsimus	Eeltesti tulemus	Järeltesti tulemus	Z	p *p ≤ .05, **p ≤ .001
Tunnus: selgitab ja analüüsib loodusobjekte ja protsesse ning nende seoseid				
A1	0.50	0.49	-1.000	0.317
A2	0.60	0.78	-3.578	0.000**
A3	0.51	0.65	-1.378	0.168
A7	0.97	0.92	-0.966	0.334
A9	0.24	0.32	-2.646	0.008*
A10	0.42	0.48	-2.236	0.025*
A14	0.66	0.77	-2.500	0.012*
Tunnus: kasutab protsesside ja seoste selgitamisel mudeleid või jooniseid				
A4	3.69	3.85	-1.853	0.064
A5	0.50	0.49	-1.000	0.317
A6	4.47	4.91	-2.832	0.005*
A8	0.94	1.28	-2.624	0.009*
A11	1.66	1.78	-1.867	0.062
A12	0.63	0.69	-1.732	0.083
A13	0.74	0.83	-1.903	0.057
Tunnus: kasutab korrektset mõisteid, sümboleid ning ühikuid				
A15	1.00	1.15	-2.029	0.042*
A16	0.53	0.69	-2.841	0.005*
Tunnus: analüüsib ja tõlgendab andmeid ning teeb asjakohaseid järeldusi				
U2	0.17	0.22	-1.414	0.157
U3	0.65	0.78	-2.147	0.032*

U5	1.18	1.42	-2.818	0.005*
U6	1.24	1.28	-1.000	0.317
Tunnus: leiab situatsioonist probleemi ja sõnastab selle mõistetaval kujul				
U1	0.83	0.78	-0.775	0.438
Tunnus: sõnastab uurimisküsimuse ja/või hüpoteesi.				
U4	0.43	0.48	-2.000	0.046*
Tunnus: kavandab katse ning valib vahendid				
U7	0.63	0.91	-2.390	0.017*

Lisa 9. *Slowmatsioni* animatsioonides esinevad väärarusaamad.

[illegible]

Energia ja vesi imenduvad kehasse	x						x								
CO ₂ hingatakse välja	x						x								

Lihthitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Hedy Suurmets,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihthitsentsi) enda loodud teose

Õpilaste väärarusaamad hingamisel toimuvatest protsessidest kasutades õpilaste poolt hingamisprotsesside animeerimist,

mille juhendaja on Ana Valdmann,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihthitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus 29.05.2020